

Aus dem Institut für Landtechnik
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Prof. Dr. agr. H. L. Wenner

**Untersuchungen an einem Einzelkornsägerät
für Zuckerrüben-Monogerm Saat unter besonderer
Berücksichtigung des Entleerungsvorganges
der Zellen**

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von
Dipl.-Ldw. Parwiz Schammai
Schahreza/Iran

Gießen 1968

1969
—

Aus dem Institut für Landtechnik
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Prof. Dr. agr. H. L. Wenner

**Untersuchungen an einem Einzelkornsägerät
für Zuckerrüben-Monogerm Saat unter besonderer
Berücksichtigung des Entleerungsvorganges
der Zellen**

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

Dipl.-Ldw. Parwiz Schammai

Schahreza/Iran

Gießen 1968



DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Julius-Friedrich-Universität Göttingen

eingereicht von
Dipl.-Ing. Peter Schmitt

Dekan: Prof. Dr. H. Meimberg

1. Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. K.H. Schulze

2. Berichterstatter: Prof. Dr. H.L. Wenner

Tag der mündlichen Prüfung: 27. Jan. 1969

Göttingen 1969

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite:</u>
1) Einleitung	7
1.1. Aufgabenstellung	10
1.2. Genaue Beschreibung des verwendeten Einzelkornsägerates	10
2) Vorversuche	12
2.1. Die Leistung und Funktion des Zellenrades	12
2.2. Die Überprüfung der Zellentiefe und des Zellendurchmessers an verschiedenen Zellenrädern	13
2.3. Die Suche nach optimalem Zellenmaß und geeigneter Saatgröße	14
2.4. Vorversuch zur Erzielung einer regelmäßigen Körnerfolge durch den Auswerfer	19
3) Hauptversuche	25
3.1. Abkämivorrichtung und ihre Funktion	25
3.2. Untersuchung über die Funktion des Auswerfers mit seinem Einfluß auf die Knäuelverschiebung bzw. Längsverteilung	30
3.2.1. Methoden zur Messung der Knäuelfolge und ihrer Verschiebung vor bzw. nach ihrer Anlieferung	31
3.2.2. Beschreibung des angewendeten Meßverfahrens	32
3.2.3. Beschreibung der Auswertung	35
3.3. Untersuchungsergebnisse	39
3.3.1. Einfluß des Anstellwinkels auf die Streuung des Fallbereiches der Knäuel	39
3.3.2. Einfluß der Fallhöhe und des Fallvorganges auf die Knäuelverschiebung	53
3.3.3. Vergleich der theoretischen und wirklichen Fallbahnen der Kurven	61
3.3.3.1. Der Einfluß des Abstandes zwischen Abwurfkante und Auswerfer auf die Knäuelverschiebung	62
4) Der Leimstreifenversuch	64
4.1. Beschreibung der Versuchseinrichtung	64
4.2. Durchführung der Leimstreifenversuche	65
4.3. Beschreibung des Versuchsstandes	65
4.4. Gebräuchliche Methoden zur Auswertung der Leimstreifenversuche	67
4.5. Angewendete Meßmethoden und der Bewertungsmaßstab	70

4.6.	Versuchsdurchführung und Ergebnisse	71
5)	Untersuchungen des Einflusses bei verschiedenen Keilscharwinkeln auf die Bewegung und Rollmöglichkeiten der pillierten Samen	75
5.1.	Meßverfahren in der Saattrinne	75
5.2.	Durchführung der Untersuchung	77
5.3.	Auswertung und Ergebnisse	79
5.3.a.	Einfluß der Keilscharwinkel	79
5.3.b.	Der Einfluß der verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten auf die Ablage der Knäuel in der Saattrinne	83
	Zusammenfassung	85
	Literaturverzeichnis	88
	Lebenslauf	91

Zu Beginn möchte ich allen herzlich danken, die mir durch ihre Hilfe ermöglichten, die folgende Dissertation anzufertigen.

Besonders danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. K.H. Schulze für die Überlassung des Themas und für seine wertvolle Unterstützung bei der Ausführung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. H.L. Wenner bin ich zu bestem Dank verpflichtet für die Anstellung im Institut und für sein reges Interesse an meinem Vorankommen.

Bei Herrn Dipl.-Ing. D. Lutz bedanke ich mich für die Beratung in technischen Fragen.

Mein Dank gilt ebenso der Firma Tröster, Butzbach, vorallem Herrn Ober-Ing. Weitz für die finanzielle Unterstützung und für die Bereitstellung der Versuchsgeräte.

1. Einleitung

Ebenso alt wie der Ackerbau ist auch die Beobachtung, daß die Samen unserer Kulturpflanzen am kräftigsten keimen, wenn ihnen durch eine Erddecke von gewisser Stärke die zur Keimung nötige Menge von Wärme, Luft und Feuchtigkeit gewährt wird. Ebenso alt ist auch die Wahrnehmung, daß auf einer Bodenfläche, wo nur 10 Pflanzen sich vollkommen entwickeln können, 20 Pflanzen derselben Gattung nur die halbe Ausbildung erreichen. Beide Tatsachen führten schon in früher Zeit die Menschen, die Pflug und Egge in der einfachsten Form konstruierten, auf das Bedürfnis, ein Werkzeug zu bauen, mit dem eine bestimmte Menge Samen der Ackerfläche in bestimmte Tiefe einverleibt werden konnte.

Tatsächlich erzählt die Geschichte des Altertums, daß man in Indien und Persien den Reis und die übrigen Getreidearten mit Maschinen in die Erde streute, und noch heute treffen wir dies Verfahren bei den Chinesen und Japanern.

Auch die Römer haben nach PLINIUS die Drillkultur schon gekannt, und sie soll sich in der Toscana und der Lombardei bis auf den heutigen Tag erhalten haben (1).

Der Anfang der Entwicklung der Sämaschinen liegt aber erst im Jahre 1665, als der Spanier LOCATELLI seinen Säpflug "SEMBRADOR" öffentlich vorführte. Nach KORTH ist der Italiener CARELLINA von Bologna zu Beginn des 17. Jahrhunderts der erste in Europa, der sich mit Sämaschinen befaßte. Bis in das 17. Jahrhundert hinein gilt die "Säe", deren Heimat in China und Ostindien angenommen wird, als das alleinige Gerät zum Säen (12).

Ein wesentlicher Schritt in der Entwicklung von Säeinrichtungen erfolgte in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts. Damals baute der Engländer JETHRO TULL eine Säeinrichtung nach dem Muster LOCATELLIS. Er gab der Drillmaschine, der heute am meisten verbreiteten Reihen-Sämaschine, ihren Namen. Seit dieser Zeit wurde die Drillkultur durch die mechanische Reihensaat eingeführt. Die Idee des mechanischen Säens gelangte zu Beginn des 19. Jahrhunderts über England nach Deutschland, wobei sich auch gleichzeitig der Begriff "Drillmaschine" einbürgerte (to drill = in Reihen säen).

Diese Drillmaschinen fanden bereits um 1850 eine im Grundprinzip ausgereifte Form an der sich bis heute - abgesehen von einzelnen Vereinfachungen - nichts mehr geändert hat. So zeigt zum Beispiel die zehnstufige Drillmaschine von CARRET-SMITH aus dem Jahre 1868 (20) im Prinzip den gleichen Aufbau, der heute noch bei den meisten Drillmaschinentypen anzutreffen ist (17). Mit der Entwicklung und Anwendung der Sämaschinen ergaben sich viele Vorteile, wie:

Gleichmäßige Verteilung der Samenkörner
Einheitliche Tiefenlage des Samens
Verringerung des Saatgutverbrauches
Arbeitserleichterung und
Zeiteinsparung (22)

Im Rahmen der Motorisierung wandelte sich auch die Drillmaschine von einer pferdegezogenen zu einer schleppergezogenen. Hiermit verbunden waren erhöhte Flächenleistung und Zeiterparnis.

Durch die weitere Mechanisierung der Hackfruchtbestellung kamen spezielle Sämaschinen "Einzelkornsäegeräte" zur Anwendung. Unter den Ackerfrüchten steht die Zuckerrübe sowohl mit ihrem Ertrag, ihrem Reichtum an Kalorien, ihrem Stärkewertertrag pro Hektar, als auch wirtschaftlich mit ihrem hohen Geldrohertrag im Vordergrund.

Demgegenüber steht jedoch ein hoher Arbeitsaufwand:

1. beim Vereinzeln im Frühjahr und
2. bei der Ernte und Abfuhr im Herbst.

Außerdem sind bestimmte, durch das Wachstum der Pflanzen bedingte Termine, einzuhalten, und es ist die Schwere der Arbeit zu berücksichtigen, wie z.B. die Notwendigkeit des Arbeitens im Knien oder im Bücken.

Durch die Einzelkornsämaschine und die Monogermesaat mit großem Anteil an einkeimigen Samenknäueln wurde der Arbeitsaufwand um etwa 20 - 30 % vermindert (10).

Die Anwendung der Einzelkornsägeräte wurde jedoch sinnvoll durch die Erfindung eines Verfahrens zur wirtschaftlichen Herstellung von Monogerm-Rübensamen durch Prof. KNOLLE im Jahre 1939.

Durch mechanisches Zertrümmern der Polygermnäuel und durch Kalibrieren auf bestimmte Abmessungen wurde ermöglicht, die Monogerm-Bruchstücke mit den technisch einfachen Zellenrad-Sägeräten auszusäen. Trotz dieses gewaltigen Fortschritts wurden hiermit noch nicht alle Wünsche erfüllt. Bedingt durch einen gewissen Anteil an doppel- und mehrkeimigen Knäueln im Saatgut und durch Unregelmäßigkeit beim Aussäen ließ sich eine mehr oder weniger große Anzahl von Doppelpflanzen nicht vermeiden.

Hierdurch war es nicht möglich, die Handarbeit beim Vereinzeln auf ein wünschenswertes Maß zu reduzieren.

Dies führte dazu, durch weitere Maßnahmen zunächst die Einkeimigkeit des Saatgutes zu verbessern. Dies führte unter anderem zur Züchtung von genetisch monogermem Saatgut. Dadurch erreichte man eine gleichmäßigere Form und engere Kalibrierung. Die Pillierung brachte außerdem den Vorteil weitgehend einheitlicher Normabmessungen, so daß auch die Ablage der einzelnen Pillen durch die Sägeräte genauer wurde.

Das genetisch einkeimige Saatgut hat außerdem eine hohe Keimfähigkeit und bedingt durch eine große Triebkraft einen besseren Feldaufgang.

Durch die genannten Verbesserungen auf Seiten des Saatgutes treten die durch das Einzelkornsägerät bedingten Unregelmäßigkeiten stärker zu Tage. Dies war der Anlaß, die Vorgänge innerhalb der Sägeräte und die Übergabe der Knäuel von diesen an den Boden genauer zu untersuchen.

Sollte es gelingen, eine exakte Einzelkornablage bei 100%ig einkeimigem Saatgut und entsprechend gutem Feldaufgang zu erreichen, dann ist es möglich, die Rübenknäuel auf Endabstand zu säen. Damit entfielen jeder Arbeitsaufwand zum Vereinzeln.

Selbst wenn dieses Ziel nicht unter allen Umständen erreichbar wäre, so würden doch die vordringlichsten Probleme im Rübenbau wie

1. geeignete Aussaatstärke für verschiedene Bodenarten bei Monogermisamen zur Erzielung eines ausreichenden und gleichmäßigen Bestandes,

2. Verwendung von Monogermersaat auf schwierigen Böden,
 3. maschinelle Auslichtung von Rübenbeständen zur Erleichterung der nachfolgenden Handarbeit und zur Verlängerung der Verziehsperiode,
- ihrer Lösung näher gebracht.

1.1. Aufgabenstellung

Die vorliegende Arbeit hat zur Aufgabe, die Vorgänge innerhalb eines Sägerätes und die Übergabe der Knäuel an den Boden zu untersuchen, um Ansatzpunkte zu technischen Verbesserungen zu finden.

Nach allgemeinen Vorversuchen wurde zunächst die Funktion der Abkämmwalze und ihre Einwirkung auf die Beschädigung der Knäuel festgestellt. Dann wurde die Genauigkeit der Zellenräder und der Bohrungen untersucht, d.h. sowohl der Durchmesser und die Tiefe der Bohrungen als auch die Genauigkeit des Zellenrad-durchmessers.

Schließlich wurde der Einfluß des Anstellwinkels auf die Längsverteilung bei Auswerfern mit verschiedenen Anstellwinkeln α mit Hilfe von Filmaufnahmen des Sävorganges, außerdem bei verschiedenen Fallhöhen h und verschiedenen Abständen a zwischen Abdeckung und Auswerfer untersucht.

Weiterhin wurde durch Leimstreifenversuche bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten die genaue Ablage der Knäuel festgestellt. Und es wird das Ausmaß der Roll- und Prallbewegung beim Auftreffen auf den Boden untersucht, und zwar mit verschiedenen Winkeln der Keilfurche und verschiedenen Geschwindigkeiten (Laboruntersuchung in der Bodenrinne mit pilliertem Saatgut).

1.2. Genaue Beschreibung des verwendeten "Einzelkornsägerätes"

Das als Versuchsgerät dienende Einzelkornsägerät "HASSIA" der Firma A.J. Tröster, Butzbach hat folgende Bauweise: (Abb.1)

Das Verteilorgan besteht aus einem vertikal angeordneten Zellenrad ($\varnothing 157,5$ mm), welches einen Zellenkranz mit 72 Bohrungen

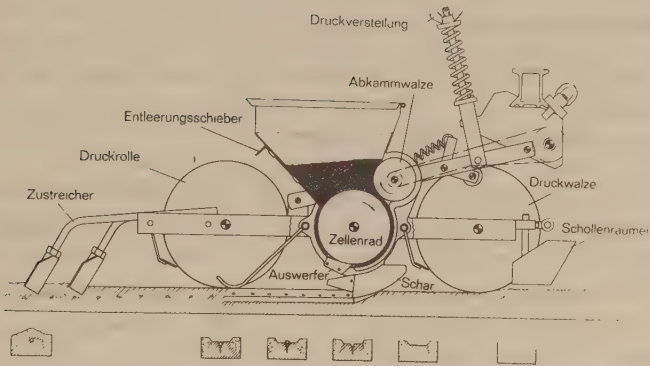


Abb.1: Arbeitsweise des Aggregates

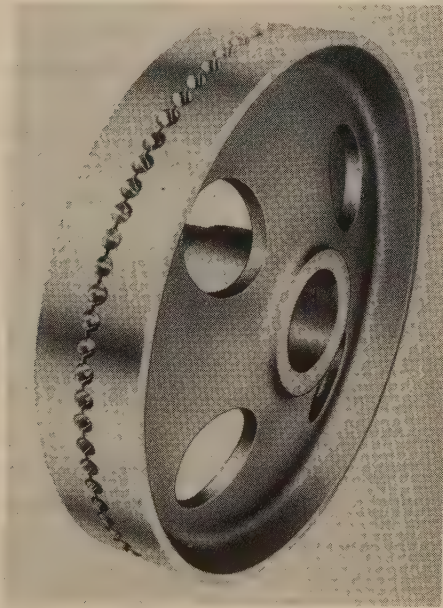


Abb.2: Zellenrad des untersuchten Sägerätes

aufweist, durch die ein Nut verläuft (Abb.2).

Die Zellen füllen sich beim Durchlauf durch den Füllraum des Saatkastens mit je einem Knäuel.

Am Ende des Füllraumes befindet sich eine rotierende Abkämmlwalze, die entgegen dem Zellenrad umläuft und die eine höhere Umfangsgeschwindigkeit als dieses hat.

Ein im Anschluß an die Abkämmlwalze enganliegender Abdeckkanal verhindert bei der weiteren Drehung der Zellenrades ein Herausfallen der Knäuel aus der Zelle.

An der tiefsten Stelle greift ein Auswerfer in die Nut des Zellenrades ein, der das Herausfordern der Knäuel aus der Zelle bewirkt. Vor dem Auswerfer, wo die Knäuel aus der Zelle freigegeben werden, ist ein Keilschar mit Leitblechen angeordnet. Dieses zieht im Boden eine Rinne (Furche) zur Aufnahme der Knäuel. Die Fallhöhe der Knäuel beträgt etwa 5 cm. Der Antrieb des einzelnen Säaggregates erfolgt über ein Bodenrad der Maschine; bei mehrreihigen Maschinen ist der Antrieb der einzelnen Säaggregate zentral.

2. Vorversuche

2.1. Die Leistung und Funktion des Zellenrades

Die Leistung des Einzelkornsägerätes ist vor allem von der Fahrgeschwindigkeit, dem Sollabstand und der geforderten Genauigkeit der Knäuelablage im Boden abhängig. Je kleiner der Sollabstand, desto mehr Zellen müssen je Sekunde gefüllt werden. Z.B. bei einer Fahrgeschwindigkeit von 1,5 m/sec (5,4 km/h) und einem Sollabstand der Knäuel im Boden von 3 cm müssen 50 Knäuel in der Sekunde vom Einzelkornsägerät ausgeworfen werden, d.h. jedes Knäuel hat 1/50 sec Zeit, um das Zellenrad zu verlassen. Wenn z.B. ein Knäuel beim Auftreffen auf den Auswerfer eine Verzögerung von 1/100 sec erfährt, so verschiebt sich dadurch seine Lage im Boden um die Hälfte des Sollabstandes gegenüber den beiden benachbarten Knäueln.

Diese Verzögerung von $1/100$ sec entspricht etwa (bei 72 Zellen und einem Zellenradumfang von $157,5 \times 3,14 = 494,5$ mm = 6,86 mm Zellenteilung) einer Abstandsverschiebung beim Austritt aus dem Zellenrad von 3,43 mm. Dieses Maß entspricht bei einem segmentierten Saatgut dem normalen Durchmesser (3,4 mm - 4 mm) (7 u. 9).

Bei einer Häufung solcher Verschiebungen kann die Unregelmäßigkeit der Knäuelablage im Boden so groß werden, daß insbesondere bei schlechtem Feldaufgang kein Unterschied mehr zur Aussaat mit einer normalen Drillmaschine besteht.

2.2. Die Überprüfung der Zellentiefe und des Zellendurchmessers an verschiedenen Zellenrädern

Die Präzision des Zellenrades ist für eine genaue Ablage der Körner mitentscheidend. Durchmesser und Tiefe der Zellen müssen der Kalibrierung des Saatgutes angepaßt sein.

Von Bedeutung sind auch die möglichst genaue Einhaltung des Zellenraddurchmessers und der Abstand seiner Mantelfläche zur Abnehmerwalze. Für die Untersuchungen wurden nur Zellenräder mit einer Toleranz im Außendurchmesser von $\pm 0,05$ mm benutzt. Während der Zellendurchmesser praktisch identisch ist mit dem Durchmesser des verwendeten Bohrers, unterliegt die Zellentiefe größeren Schwankungen. Dies rührt daher, daß während des Bohrvorganges die Flanken des Bohrers verschleifen. In der Praxis hat es sich gezeigt, daß eine Toleranz in der Tiefe von 0,1 mm eingehalten werden kann.

Für die Herstellung einer möglichst genauen Zelle ist auch dem Schleifen des Bohrers besondere Beachtung zu schenken.

Für die Versuche wurden aus einer Anzahl von Zellenrädern diejenigen ausgewählt, die weitgehend mit den Sollmaßen in Übereinstimmung waren. Zur Feststellung des fertigungstechnischen Toleranzbereiches wurden 20 Zellenräder mit einer besonderen Meßvorrichtung nachkontrolliert (Abb.3).



Abb. 3

Die gemessenen Zellenräder ergaben in der Tiefe eine Abweichung von $-0,55$ mm und $+0,15$ mm zur Solltiefe. Solche Abweichungen bei der Anfertigung der Zellenräder kommen leider häufig vor. Nicht nur die Bohrerspitze muß stets von gleichbleibender Form sein, auch die Einhaltung des Bohrerwinkels ist von größter Bedeutung, weil dieser mit die Zellenform bestimmt. Abweichungen vom Sollmaß in der einen oder anderen Richtung verursachen Fehlstellen bzw. Doppelbelegungen. Zu große Abweichungen der Zellenmaße können auch zu einem erhöhten Anteil an beschädigten Knäueln während des Sävorganges führen. Dadurch wird die Keimfähigkeit und damit auch der Feldaufgang reduziert.

Diese Überlegungen machen deutlich, wie wichtig es ist, zunächst die Zellenmaße auf die jeweils vorliegende Kalibrierung des Saagutes abzustimmen und die Maße dann auch genau einzuhalten.

2.3. Die Suche nach optimalem Zellenmaß und geeigneter Saatgröße

Die Bedeutung einer möglichst genauen Abstimmung der Zellengröße auf die Saatgutkalibrierung wurde im vorhergehenden Ab-

satz behandelt. Nur wenn diese Übereinstimmung gegeben ist, kann mit einer möglichst regelmäßigen Ablage auf dem Feld gerechnet werden.

Bei amerikanischen und englischen Kalibrierungen soll bei CORTICATE, SEED und RUBBED SEED die Differenz zwischen der oberen und unteren Sieblochweite von 2/64 oder 3/64 Zoll (entsprechend 0,3 oder 0,8 mm) sein. Z.B. kann die Sieblochweite zwischen 8/64 bis 10/64 oder 9/64 bis 11/64 Zoll (entsprechend 3,2 bis 4 mm oder 3,2 bis 4,4 mm) schwanken.

Die Tiefe der Bohrung wurde mit 4 oder 4,4 mm festgelegt, wobei der Durchmesser der Bohrung um 0,4 mm größer als deren Tiefe sein soll. Aufgrund von näheren Untersuchungen in den USA hat man das bei der oben genannten Sieblochweite gewonnene Saatgut nochmals in zwei große Klassen unterteilt. Dies unterstreicht auch die Wichtigkeit einer guten Abstimmung von Zellenmaßen und Saatgutkalibrierung.

Die heute in den USA zur Anwendung kommenden Größenklassen entsprechen erstens einer Kornabmessung von 2,8 - 3,5 mm und zweitens einer Kornabmessung von 3,5 - 4 mm. Für die kleinere Kornabmessung verwendet man einen Zellendurchmesser von 4 mm und für die größere Kornabmessung einen solchen von 4,3 mm (3 u. 4).

Eine noch stärkere Klassifizierung der Saatgutklassen hat man im benachbarten Holland vorgenommen. Dort wurde die Kalibrierung nach 4 Klassen vorgenommen, und zwar Saatgutklasse A, B, C und D. Für jede Klasse haben die Hersteller der Einzelkornsäugeräte die entsprechenden Zellenmaße ermittelt. Diese unterliegen durch den holländischen Beratungsdienst einer ständigen Kontrolle.

Im übrigen wurde auch von deutschen Rübenbauern eine stärkere Klassifizierung, als sie heute üblich ist, gefordert. Allerdings wird die in Deutschland angewandte relativ große Kalibrierung eingeengt durch die Vorschrift, nach welcher das Saatgut nur bestimmte prozentuale Anteile von relativ kleinen und großen Knäueln haben darf.

Für die Vorversuche wurde ein Saatgut verwendet, deren Kalibrierung der einzelnen Fraktionen im Institut für Zuckerrübenforschung festgestellt wurde (Tab.1).

Tabelle 1

Kalibrierung der einzelnen Fraktionen nach dem Gewichtsprozent
(eigens für die beschriebenen Versuche gewählt)

Rundloch- kalibrierung	Gewicht	
mm	g	%
≤ 3,00	20	1,0
3,00 - 3,25	24	1,2
3,25 - 3,50	60	3,0
3,50 - 4,00	780	39,0
4,00 - 4,50	1030	51,5
4,50 - 4,75	40	2,0
4,75 - 5,00	30	1,5
> 5,00	16	0,8
$\sum g = 2000$		$\sum \% = 100$

Nach neuer Absprache mit den Zuckerrübenzüchtern und den Herstellern von Einzelkornsägeräten soll das Mindest-Prozentgewicht der Rundlochfraktionierung von 3,25 - 4,75 mm 88% betragen; das verwendete Saatgut ist also noch enger kalibriert. Nach Brinkmann soll für den größten Knäueldurchmesser ein leichtes Einschlüpfen der Knäuel in die Zellen möglich sein. Deshalb ist der Zellendurchmesser um mindestens 10 % größer zu wählen (6).

Da die übliche Rundlochfraktionierung im Bereich von 3,25 - 4,75 mm liegt, wurde durch zusätzliche 10 % der Zellendurchmesser von 5,4 mm gewählt. Zur Durchführung einer exakten Untersuchung der Abhängigkeit der Aussaatgleichmäßigkeit von der Fahrgeschwindigkeit bei verschiedenen Zellenradtiefen wurden als Saatgut segmentiert kalibriertes und kalibriertes

verglichen. Da die Zellenmaße, wie erwähnt, vor allem in der Tiefe und weniger im Durchmesser schwanken, wurden drei verschiedene Zellentiefen miteinander untersucht. (Abb.4)

Es wurden gewählt:

Segmentiert-kalibriertes Saatgut

1. Saatgröße 3,5 - 4 mm

kalibriertes Saatgut

2. Saatgröße 3 mm - 5 mm

und Zellenradvarianten:

a) 3,15 Tiefe 5,4 mm ϕ

b) 3,65 " 5,4 mm ϕ

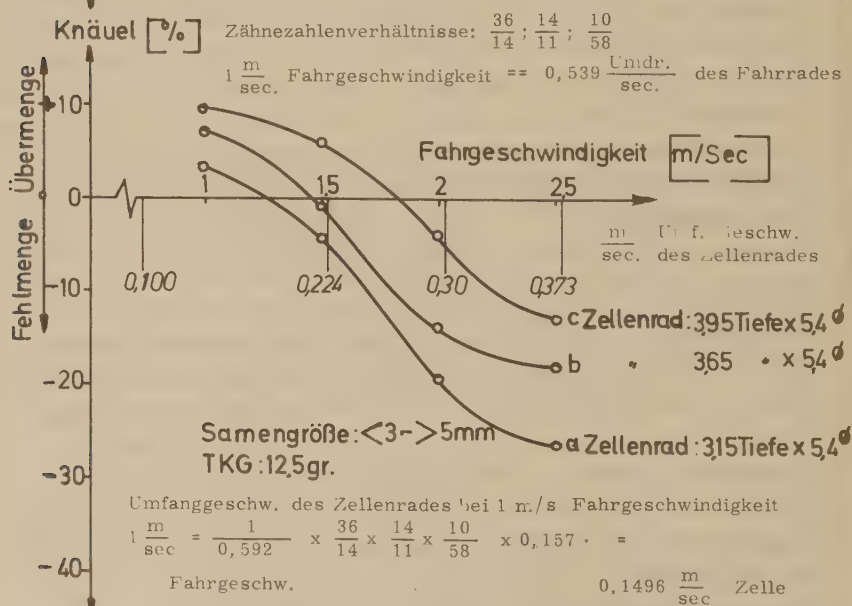
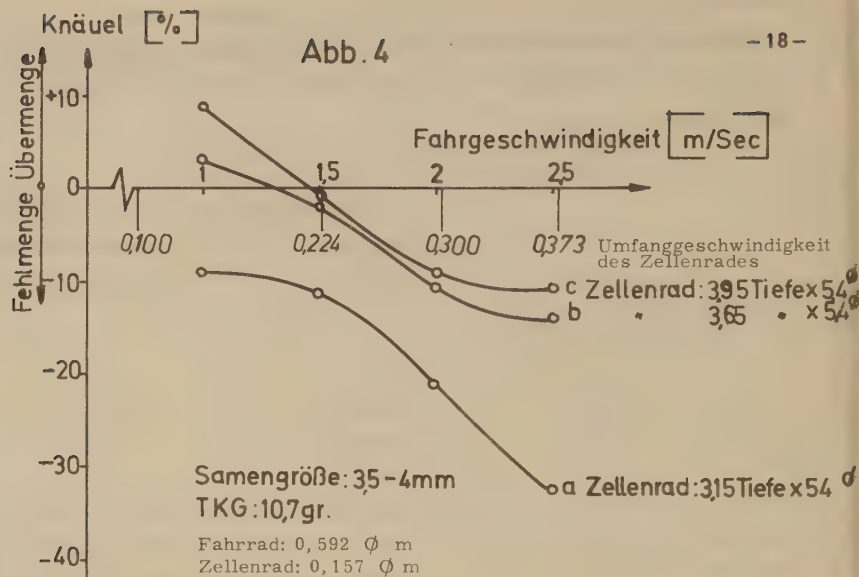
c) 3,95 " 5,4 mm ϕ

Mit diesen Varianten kann man die unterschiedliche Auswirkung der Bohrungstiefe an Hand der Fehlmengen bzw. Übermengen in Abhängigkeit von enger und weiter Kalibrierung nachweisen. Diese Versuche wurden mit einem Einzelaggregat bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten (Umfangsgeschwindigkeiten) angestellt, das aus einem Zellenrad mit 72 Bohrungen bestand und von einem Elektromotor angetrieben wurde. Bei einer fünfmaligen Umdrehung des Zellenrades sollten 5x72 Knäuel aus den Zellen herausfallen. Fielen mehr als 5x72 = 360 Knäuel heraus, so gab es eine Übermenge, fielen weniger als 360 heraus, so gab es eine Fehlmenge.

Nach fünfmaliger Wiederholung desselben Vorganges wurden die Ergebnisse in Prozent ausgedrückt und graphisch dargestellt. Nach der Kurvendarstellung für die Saatgutgröße von 3,5 - 4 mm ist ersichtlich, daß bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten sich bei Zellenradvariant a) eine steigende Fehlmenge zeigt, während bei den anderen Varianten erst eine Übermenge vorhanden ist, die bei einer Geschwindigkeit über 1,5 m/sec in eine wachsende Fehlmenge verändert wird. Nach der zweiten Kurvendarstellung zeigt die Saatgutgröße von 3 mm - 5 mm wiederum verschiedene Auswirkungen.

1. Bei einer Geschwindigkeit von 1 m/sec zeigen alle Zellenvarianten eine Übermenge an.

Abb. 4



Abhängigkeit der Aussaatgleichmäßigkeit von der Fahrgeschwindigkeit bei verschiedenen Zellenradtiefen

2. Bei höherer Geschwindigkeit zeigen die Zellenradvarianten a) und b) sehr bald eine steigende Fehlmenge, während Zellenradvariant c) erst bei 1,7 m/sec eine Fehlmenge hat.

Beide Kurvendarstellungen zeigen einheitlich, daß mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit die Fehlmenge regelmäßig zunimmt.

Es ist noch zu erwähnen, daß der Einfüllbereich im Vorratsbehälter von Einfluß ist. D.h. je größer der Anteil des Zellenradumfangs im Vorratsbehälter ist, desto zuverlässiger dürfte die Zellenbelegung bei höheren Fahrgeschwindigkeiten werden. Allerdings würde auch die Übermenge bei geringeren Fahrgeschwindigkeiten anwachsen. Über diese Fragen wurden keine Versuche gemacht.

2.4. Vorversuche zur Erzielung einer regelmäßigen Körnerfolge durch den Auswerfer

Hierzu wurde ein Präzisionszellenrad besonders hergestellt, wobei auf genauen Abstand von Bohrung zu Bohrung und möglichst genauer Bohrungstiefe und gleichmäßigem Bohrungsdurchmesser geachtet wurde. Um Erschütterungen im Aggregat zu vermeiden, wurde ein genau zentriertes Zellenrad gewählt. Das Aggregat wurde stationär untersucht, wodurch man folgende Vorteile hatte:

1. Erschütterungen wurden verhindert, und es entstand keine Unregelmäßigkeit beim Abwurf der Knäuel
2. Der Antrieb erfolgte durch einen Elektromotor, so daß Drehzahlschwankungen und Schlupf ausgeschaltet waren.

Außerdem wurden gefräste Kettenzahnräder gewählt, die keine Tauselbewegungen machten und keine unterschiedlichen Abstände von Zahn zu Zahn aufwiesen.

Die Geschwindigkeit war durch Wechsel der Kettenräder zu ändern. Für diese Untersuchung wurde eine Geschwindigkeit

von 1 m/sec vorgesehen. Die Fallhöhe der Knäuel wurde erst bei späteren Untersuchungen berücksichtigt.

Es wurde ein Zellenrad mit nur einem Zellenkranz benutzt, also mit nur 72 Zellen. Da der Abwurfvorgang und die Funktion des Auswerfens mit bloßem Auge nicht zu sehen war, wurde versucht, diesen Vorgang kinematographisch mit einer 16 mm "Bolex" Filmkamera festzuhalten. Die Kettenradübersetzung wurde so geregelt, daß das Zellenrad 26 Knäuel pro Sekunde auswarf, was etwa der Hälfte der Auswurfzahl eines 2-kränzigen Zellenrades (50 Knäuel/sec) entspricht.

Dieser Vorversuch wurde deshalb durchgeführt, um die unterschiedliche Längsverteilung beobachten zu können.

Hierfür wurde zusätzlich an der Auswurfkante der Zellenradabdeckung, wo die Knäuel das Zellenrad verlassen, ein Raster mit 1 cm Weite angebracht. Auf ihm konnte man die Streuung in bestimmten Fallhöhen registrieren. Durch Auswertung des mit 64 Bildern/sec aufgenommenen Filmes wurde die jeweilige Lage der Knäuel als Abstand von der Auswurfkante ermittelt, und zwar bei zwei verschiedenen Anstellwinkeln des Auswerfers:

1. Auswerferwinkel: $37,5^{\circ}$

2. Auswerferwinkel: $45,0^{\circ}$

a) Normale Funktion des Aggregates mit handelsüblichem Saatgut

Abbildung 5 zeigt den prozentual häufigsten Abstand der Knäuel von der Auswurfkante.

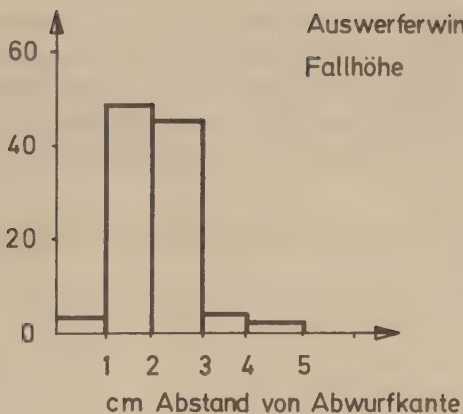
1. Bei einem Auswerfer mit dem Anstellwinkel $\alpha = 45^{\circ}$ beträgt der häufigste Abstand der Knäuel 2 cm. Bei einem Auswerfer mit dem Anstellwinkel $\alpha = 37,5^{\circ}$ liegt die Häufigkeit bei etwa 57 %.
2. Im Abstand 3 cm ist es umgekehrt, d.h. bei 45° ist die Häufigkeit größer.
3. Die größten Häufigkeiten treten in einem Bereich von etwa 2 cm auf. (Abstand 2 und 3 cm)
4. Wenn der Abstand 2 cm als Sollbereich betrachtet wird, beträgt die Abweichung 52 % bzw. 43, was in der Praxis und auf dem Feld in noch stärkerem Maße vorkommen wird, weil Erschütterungen und so weiter von schädlichem Einfluß sind.

Verteilung der Knäuel nach dem Abwurf in %

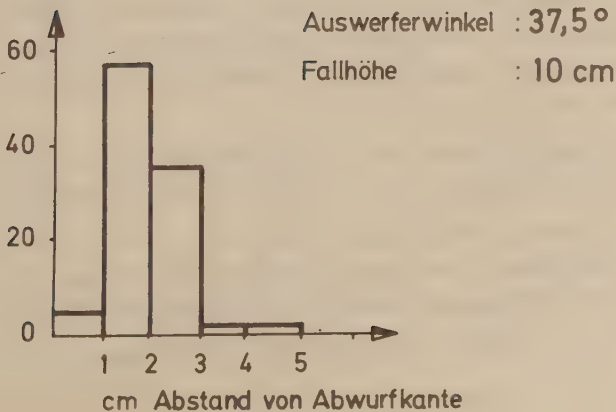
-217

Abb. 5

Häufigkeit %



Häufigkeit %



Bei der Filmauswertung konnte man genau verfolgen, daß die Doppelstellenbelegungen eine Knäuelverschiebung und Längsstreuung zur Folge hatten.

Diese Knäuelverschiebung entsteht zunächst durch die unterschiedliche Knäuelgröße und -form, was bei späteren Untersuchungen in Betracht gezogen werden soll.

b) Handfüllung mit segmentiert kalibriertem Saatgut

Um die Wirkung des Auswerfers auf die Zellenfolge genau darstellen zu können, wurden die Zellenradbohrungen mit der Hand ausgefüllt, und zwar mit Knäueln, die nach Auswahl auf Millimeterpapier einen ϕ von 3,5 - 4 mm hatten. Hierdurch wurden von vornherein Störungen durch Doppelstellen bzw. Fehlstellen vermieden.

Es wurden fünf verschiedene Auswerfer untersucht:

Anstellwinkel:

$$\alpha = 30^{\circ}$$

$$\alpha = 34^{\circ}$$

$$\alpha = 37,5^{\circ}$$

$$\alpha = 41^{\circ}$$

$$\alpha = 45^{\circ}$$

Das Ergebnis der Filmauswertung ist in Abbildung 6 dargestellt und zeigt den Anteil der Knäuelverschiebung vom gedachten Sollbereich (Abstand 2 cm). Aus dieser Abbildung erkennt man, daß es trotz der genauen Auswahl von Saatgutgröße und passender Form in den Bohrungen eine Verschiebung gibt, die bei verschiedenen Auswerferarten unterschiedlich ist. Sie liegen zwischen 15 und 30 %.

Die Verschiebung könnte von dem Gewicht und der Form der Knäuel abhängig sein, wodurch sich die Wurfweite ändert.

Die Zuckerrübenmonogermssamen sind nicht ganz rund, sondern linsenförmig; meistens besitzen sie kleine Spitzen, die sich in den Bohrungen festsetzen können und nur durch die Berührung mit dem Auswerfer ausgestoßen werden.

Verteilung der Knäuel nach dem Abwurf bei der Handfüllung in %

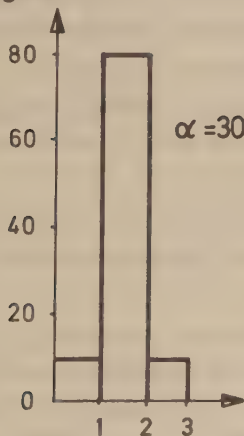
Saagut : Kalibriert

- 23 -

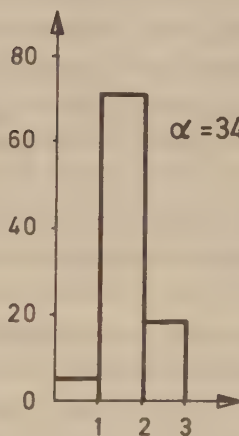
Abb. 6

Fallhöhe : 10 cm

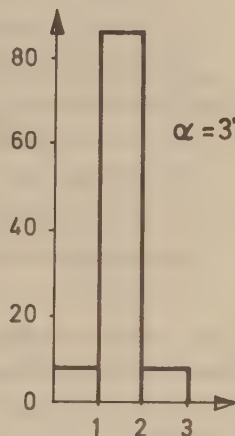
Häufigkeit %



$\alpha = 30^\circ$



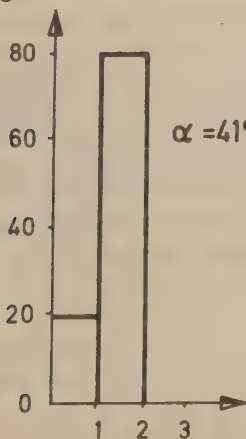
$\alpha = 34^\circ$



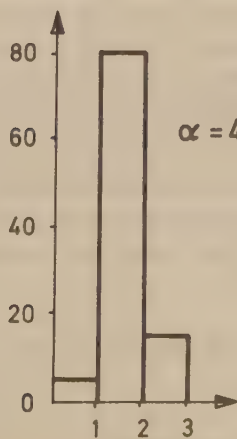
$\alpha = 37,5^\circ$

cm Abstand von Abwurfkante

Häufigkeit %



$\alpha = 41^\circ$



$\alpha = 45^\circ$

cm Abstand von Abwurfkante

In diesem Moment ändert das Knäuel seine Bahn und verursacht entweder eine Verzögerung oder fällt schneller aus der Zelle heraus.

1. Die unterschiedliche Knäuelgröße und -form kann eine Verschiebung verursachen, die etwa 50% bei Normalablauf und 20% bei der Handfüllung betragen kann.
2. Die Größe des Auswerfers und vor allem des Anstellwinkels spielen hier eine große Rolle. Entscheidend ist die Spitze des Winkels, die eventuell früher oder später die Knäuel angreift, wodurch eine Zeitverzögerung und eine räumliche Verschiebung verursacht werden kann.
3. Einen bedeutsamen Einfluß hat auch die Übereinstimmung des Zellendurchmessers und der Zellentiefe mit der Größe des Saatgutes (11).
4. Beim Filmablauf erkennt man die Auswurfrichtung als Streukegel, der auf die unterschiedliche Knäuelgröße und -form, wie bereits erwähnt, zurückzuführen ist.

Die unterschiedliche Wurfweite ist auch von dem Winkel des Auswerfers abhängig. Man kann sie ungefähr vermuten. Aber die vorangegangenen Ausführungen und Vermutungen können kein klares Bild davon geben, was in dem Aggregat geschieht, was diese Verschiebung verursacht und was die Rolle des Auswerfers ist. Eine derartige Untersuchung würde ein Beobachtungsverfahren benötigen, das den Knäuelzustand aus dem Behälter bis auf den Boden zu verfolgen gestattet. Durch die Filmaufnahme mit einer Bildfrequenz von 64 Bildern/sec kann zwar der Zustand der Knäuel nach der Anlieferung der Zellen festgestellt werden, aber die Aufgabe des Auswerfers und sein Abstand von der Abdeckung - auch die optimale Größe des Winkels - und die Lage der Spitze in der Zelle bleiben ungeklärt. Es läßt sich nur mit starker Zeitdehnung ermöglichen, die Aufeinanderfolge der Knäuel unmittelbar nach dem Ablösen vom Zellenrad zu registrieren.

3. Hauptversuche

3.1. Abkämmvorrichtung und ihre Funktion

Unmittelbar neben dem Saatbehälter am Ende des Füllraumes befindet sich eine rotierende Abkämmwalze, die entgegen dem Zellenrad umläuft. Sie hat die Aufgabe, eventuell überschüssige Knäuel aus den Zellen herauszubefördern, ehe eine Zelle in den Abdeckkanal hineinwandert.

Es gibt zwei Arten von Abkämmvorrichtungen:

- 1/1. Bei amerikanischen Geräten befindet sich ein fester messerartiger Abstreifer. Diese Abstreifvorrichtung befindet sich an der Stelle, wo der gefüllte Zellenkranz in den Abdeckkanal eintaucht. Bei dieser Anordnung des scharfen Abstreifers ist eine große Anzahl von beschädigten Keimen zu befürchten.
- 1/2. In den meisten europäischen Einzelkornsägeräten befindet sich eine Abkämmwalze aus Gummi oder Stahl.

Um den Einfluß der Abkämmwalze zu untersuchen, war es notwendig den Aufgang der zur Verfügung stehenden Samen, sowohl kalibriertem als auch pilliertem Samen nach Durchlauf durch die Abkämmwalze festzustellen.

In Mitscherlichschalen wurde im Labor durch tägliche Auszählung von Beginn an bis zum Abschluß des Aufganges die Aufgangsgeschwindigkeit und die Höhe des Gesamtaufganges festgestellt.

Der Mittelwert aus den vier Wiederholungen (je Wiederholung 100 Knäuel) wurde in Aufgangs-Zeitdiagramme eingetragen und dementsprechende Aufgangskurven gezeichnet, die im allgemeinen s-förmig verlaufen. (Abb.7)

Zur Verfügung stand ein amerikanisches pilliertes Saatgut:

$$\varnothing = 4,2 - 5,2 \text{ mm}$$

$$\text{TKG} = 97,2 \text{ gr}$$

und ein handelsübliches deutsches kalibriertes Saatgut
"KWmonogerm"

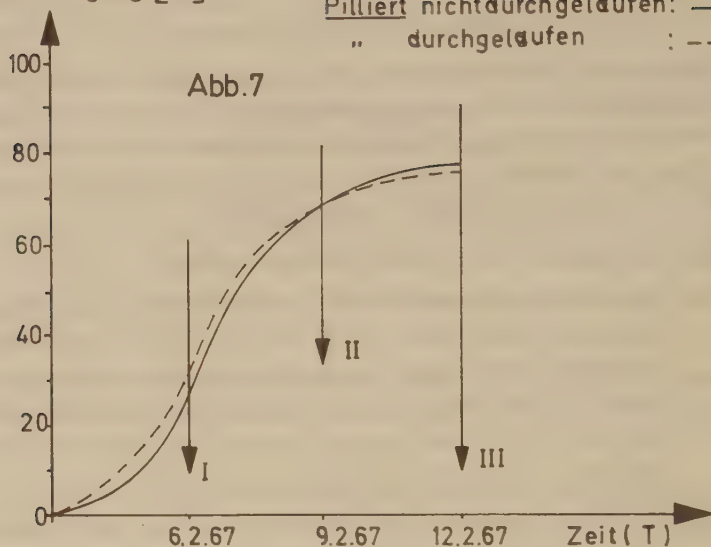
$$\varnothing = 3,5 - 4 \text{ mm}$$

$$\text{TKG} = 13 \text{ gr}$$

Keimaufgang [%]

Pilliert nichtdurchgelaufen: —
 „ durchgelaufen : - - -

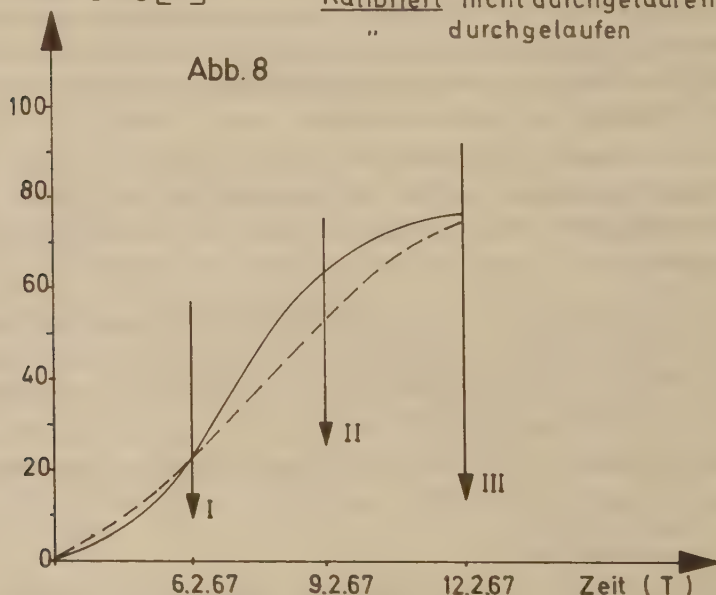
Abb. 7



Keimaufgang [%]

Kalibriert nichtdurchgelaufen: —
 „ durchgelaufen : - - -

Abb. 8



Keimaufgang der pillierten und kalibrierten Samen mit und ohne Durchlauf durch Abkammwalze in %.

Um den Einfluß der Abkämmwalze sowohl bei pilliertem als auch bei kalibriertem Samen zu vergleichen, wurde einmal der Aufgang ohne Durchlauf im Aggregat und einmal mit Durchlauf durch die Abkämmwalze festgestellt.

Wie Abbildung 7 und Tabelle 2 bei pillierten Samen zeigt, ist der Aufgangsverlauf bei der ersten Auszählung beschleunigt, aber bei der zweiten und dritten Auszählung bleibt der Aufgang in etwa gleich.

Wenn wir einen Blick auf die Abbildung 8 und Tabelle 2 werfen, verläuft der Aufgang etwas anders. D.h. bei der ersten Auszählung, sowohl bei nicht durchgelaufenen als auch bei durchgelaufenen Knäueln, ist die Anzahl der aufgegangenen Knäuel die gleiche. Aber bei der zweiten Auszählung gibt es eine große Verzögerung bei durchgelaufenen Knäueln (etwa 20,5%) und bei der dritten Auszählung gibt es wiederum eine kleine Verzögerung bei durchgelaufenen Knäueln.

Es zeigt sich bei pillierten Knäueln, die mit der Abkämmwalze in Berührung kamen, eine Beschleunigung beim Aufgang.

Ursache: Die rotierende Abkämmwalze übt einen Stoß auf die Umhüllung der pillierten Knäuel aus, und dadurch wird ein Riß in der Pille verursacht, der den Aufgang beschleunigt.

Aus den Versuchen geht hervor, daß

- a) bei kalibriertem Saatgut der Aufgang der durch die Abkämmwalze gelaufenen Knäuel zunächst verzögert wird.
- b) Im Endeffekt ist jedoch der Unterschied zwischen durchgelaufenen und nicht durchgelaufenen Knäueln sehr gering.
- c) Der Endeffekt ist bei pillierten und kalibrierten Knäueln praktisch der gleiche.

Daraus läßt sich folgern, daß die Abkämmwalze kaum einen schädlichen Einfluß auf den Aufgang des Saatgutes ausübt.

Tabelle 2

Aufgang der Knäuel ohne Durchlauf und nach Durchlauf durch die Abkämmwalze

Variation	Aufgang der Knäuel in % Auszählung des Aufganges		
	I	II	III
1. nicht durchgelaufen	23,75	69,75	76,75
2. durchgelaufen	30,00	69,00	74,75
"pilliert"			
3. nicht durchgelaufen	22,00	64,5	75,5
4. durchgelaufen	21,50	51,25	74,75
"kalibriert"			

Aus diesen Ergebnissen geht hervor, daß eine Keimbeschädigung durch die Abkämmwalze besonders bei den kalibrierten Samen spürbar ist, und ein großer Teil von den keimbeschädigten Knäueln kann nicht wie eine gesunde Pflanze ihr Wachstum durchsetzen. Es gibt eine Aufgangsverzögerung, die auf dem Feld dann größere Nachteile haben kann, wenn ungünstige Wachstumsverhältnisse durch Bodenzustand (Trockenheit bzw. unsorgfältige Bearbeitung und ungünstige Tiefenlage) bestehen.

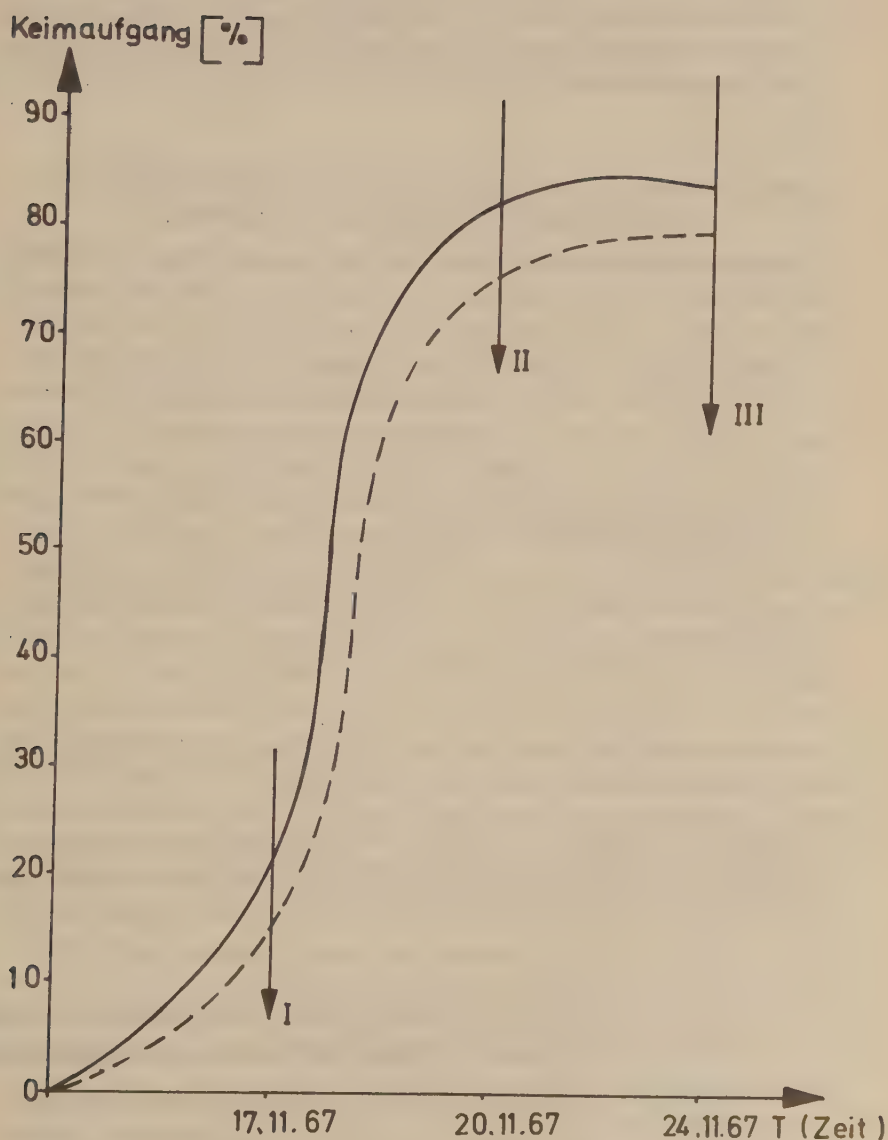
Es ist die Aufgabe der Züchter, die Kalibrierung so eng wie möglich zu halten, damit von der Seite der Einzelkornsäugerät-Hersteller entsprechende Zellenräder konstruiert werden.

Eine ähnliche Untersuchung wurde mit dem deutschen pillierten Saatgut "KWmonogerm" durchgeführt, das eine Kalibrierung zwischen 3,5 - 4,9 mm und ein Tausend-Knäuel-Gewicht von 30,3 gr hatte.

Der Zweck der Untersuchung lag darin, einen Vergleich zu ziehen zwischen zwei pillierten Samenarten.

Wie Abbildung 9 und Tabelle 3 zeigen, gibt es bei allen drei Auszählungen der durchgelaufenen Knäuel eine Verzögerung des

Pilliert: nicht durchgelaufen ———
 .. durch .. - - -



Keimaufgang der pillierten Samen mit und ohne Durchlauf durch Abkämmlwalze.

Aufganges gegenüber den nicht durchgelaufenen Knäueln.

Diese Beschädigung, die eine Verzögerung zur Folge hatte, liegt an der Beschaffenheit der Knäuel, d.h. durch die äußere Gestaltung und die Zusammensetzung der zusätzlichen Elemente bzw. ihre Festigkeit und ihr Widerstand gegenüber der Abkämmwalze.

Tabelle 3

Aufgang der Knäuel mit und ohne Durchlauf durch die Abkämmwalze in %

Variation	Aufgang der Knäuel in % Auszahlung des Aufganges		
	I	II	III
1. nicht durchgelaufen pilliert	20	83	84
2. durchgelaufen pilliert	14,2	76,5	80,2

Die Beschädigung erfolgte vermutlich wegen der weichen Oberfläche und weichen Umhüllung der Knäuel.

Obwohl der Aufgang beim deutschen pillierten Saatgut im allgemeinen höher liegt als beim amerikanischen, so liegt aber die Anzahl der beschädigten Knäuel beim deutschen höher.

3.2 Untersuchung über die Funktion des Auswerfers mit seinem Einfluß auf die Knäuelverschiebung bzw. Längsverteilung

Der Überblick in diesem Abschnitt gibt die Beantwortung folgender Fragen:

1. Der Einfluß des Auswerfers auf die Längsverteilung

- a) Der Einfluß des Anstellwinkels des Auswerfers.
- b) Der optimale Abstand (lichte Weite) zwischen Auswerfer und Abdeckung und sein Einfluß bei der Knäuelverschiebung und -beschädigung.

2. Genaue Beurteilung der tatsächlichen Aufgabe des Auswerfers und seine Funktion im Einzelkornsägerät.

3.2.1. Methoden zur Messung der Knäuelfolge und ihrer Verschiebung vor bzw. nach ihrer Anlieferung

Die Meßmethoden geben uns die Möglichkeit festzustellen, in welcher Art und Weise man die Vorgänge im Aggregat und die Aufeinanderfolge der Knäuel messen kann und welche Methode rationeller ist, um bedeutungsvolle Untersuchungen genau durchzuführen. Zur Knäuelfolge bei der Anlieferung hat z.B. LORENZ eine interessante Untersuchung gemacht. Nach seinen Angaben wurde ein elektronisches Gerät entwickelt, das die Körnerfolge zwischen dem Sämeechismus und dem Furchenschar registriert und unter praktischen Arbeitsbedingungen der Sägeräte auf dem Feld angewendet werden kann. Das Saatleitungsrohr wurde durchschnitten und ein Lichtstrahl so durchgelegt, daß der gesamte Rohrquerschnitt gleichmäßig ausgeleuchtet wurde. Sobald ein Samenkorn den Lichtstrahl passiert, wird die Lichtintensität auf einer Photozelle verringert, wodurch das Potential der Anode der Photozelle wächst: Die Photozelle liefert somit für jeden, den Lichtstrahl durchfallenden Samen, einen Impuls. Diese Impulse werden auf einem Tonband registriert, und zwar in den Abständen, in denen die Samenkörner (Knäuel) den Lichtstrahl passieren. Zur Auswertung und Analysierung der Prüfungen wurden die auf dem Tonband gespeicherten modulierten Schwingungen durch abgestimmte Filter getrennt und in zwei gesonderten Kanälen gezählt. Ein Schreibgerät konnte an die Zählleinrichtung angeschlossen werden, um die Impulse auf einem Papierstreifen haltbar zu machen (19).

Ein anderes Meßverfahren für die Knäuelfolge wurde von SCHUPP erläutert, das als elektro-akustisches Verfahren bekannt ist.

Zu diesem Zweck hat SCHUPP unter dem Aggregat in der Fallbahn der Knäuel ein Mikrophon befestigt, das als "selbstregistrierende Furchenschle" arbeitet. Die Impulse des Mikrophons konnten von einem Oszillographen auf Oszillographpapier übertragen und die zeitliche Aufeinanderfolge der Knäuel festgestellt werden. Die zeitliche Knäuelfolge konnte auf den Knäuelabstand umgerechnet werden (21).

Eine ähnliche Methode zur Kontrolle der Verteilung und Füllung bei Einzelkornsägeräten wurden in Frankreich durchgeführt. Unter dem Auswerfer des Sägerätes ist ein Mikrophon angebracht. Der Aufschlag jeden Knäuels wird auf einem schnellaufenden Tonband registriert. Man läßt das Tonband dann langsamer abspielen, wobei das Tonbandgerät mit einem Oszillographen verbunden ist, der die Ergebnisse auf einen Streifen Millimeterpapier überträgt.

Mit dieser Methode kann der Einfluß des Zellentypes der Umlaufgeschwindigkeit, der Saatgutform, des Füllungsgrades, der Zellenräder, Säscheiben oder Säbänder und der Regelmäßigkeit des Auswurfs leicht festgestellt werden (16). Die Knäuelfolge nach der Anlieferung der Zellen kann man auch durch den Leimstreifen-Versuch festlegen, über den später ausführlich berichtet wird.

3.2.2. Beschreibung des angewendeten Meßverfahrens

Um die Ursachen einer unregelmäßigen Anlieferungsverteilung und Knäuelverschiebung zu ermitteln, wurde mit Hilfe einer Zeitlupenkamera mit hoher Bildfrequenz die Aufeinanderfolge der Knäuel unmittelbar nach dem Ablösen von der Zelle beobachtet,

Für diese Betrachtungsweise des Füll- und Sävorganges waren folgende Maßnahmen notwendig:

1. Um die Funktion der Abkämmwalze und die Füllung des Zellenrades genau zu beobachten, wurde die Seitenwand des Füllbehälters, wo die Sicht auf das Zellenrad und die Abkämmwalze verdeckt ist, durch Plexiglas ersetzt.

2. Außerdem wurde ein Zellenrad konstruiert, dessen eine Hälfte, die dem Beschauer zugekehrt ist, aus Plexiglas bestand. Das Zellenrad wurde in der Mitte längsgeteilt, so daß die Bohrungen auch halbiert waren. Die Hälfte des Zellenrades aus Plexiglas hatte die gleichen Formen wie das Metallzellenrad. Die Fertigstellung eines solchen Zellenrades war mit vielen Umständen verbunden und sehr zeitraubend. Die Bohrungen wurden alle trüb und mußten durch geeignete Speziallösungsmittel durchsichtig gemacht werden. Dadurch konnte man auch die kleinste Bewegung der Knäuel in den Bohrungen beobachten und vor allem die Stelle, wo die Auswerferspitze in die Zelle mündet, wobei jedoch eine Prismawirkung des Glases hingenommen werden mußte. Man konnte die Berührung der Knäuel mit dem Auswerfer beobachten, so daß der Einfluß des Anstellwinkels auf die Knäuelverschiebung und Knäuelverteilung bzw. Knäuelbeschädigung in speziellen Fällen festgestellt werden konnte. Allerdings verursachte der Abtrieb bei pilliertem Saatgut eine Trübung der durchsichtigen Zellen.
3. Auch die Abdeckkanalmündung (die Überfallkante), wo der Auswerfer angebracht ist, wurde mit Plexiglas belegt, um die Berührung der Knäuel mit dem Auswerfer durch einen Spiegel unter dem Auswerfer zu beobachten. Durch den Spiegel konnte man den genauen Knäuelabwurf, den Zustand und die Funktion des Auswerfers ermitteln. Jedoch mußte man auch die Prismawirkung der durchsichtigen Überfallkante hinnehmen. (Abb. 10)

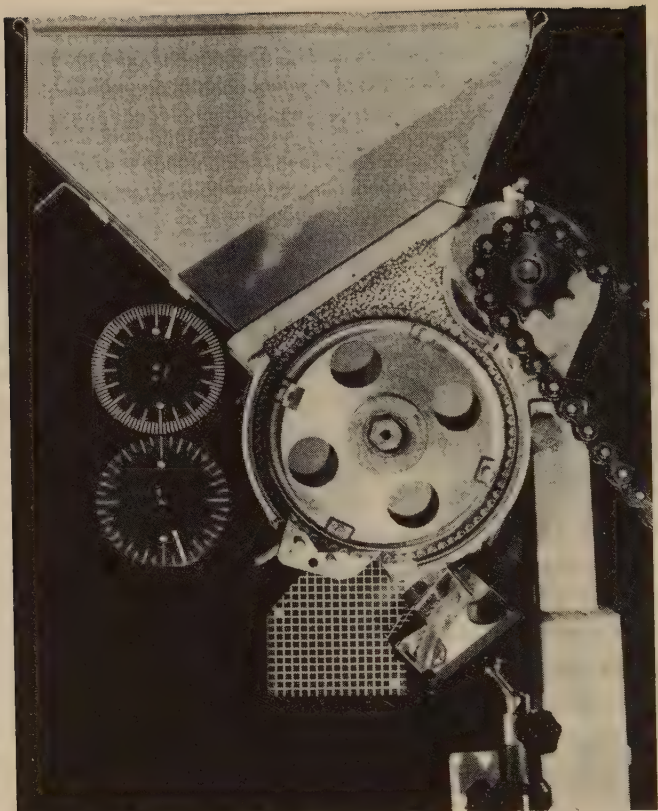


Abb. 10

Die Filmaufnahmen wurden durch eine "Fastax-Zeitdehnerkamera III/16 mm" auf Säulenstativ aufgenommen. Bildfrequenz 1000 Bilder/sec mit einem

Objektiv: RAPATAR

$f = 50 \text{ mm}$

$f = 35 \text{ mm}$

Die Kamera stand uns von dem Institut für den wissenschaftlichen Film in Göttingen zur Verfügung. Die Aufnahmeleitung hatte Herr Professor Rieck, an der Kamera stand Herr Novigk. Die hohe Bildfrequenz ermöglichte:

1. die Beobachtung des Füllvorganges, d.h. der Anfüllung der Zellen;
2. die Erkenntnis der Funktion des Auswerfers und seines Einflusses auf die Knäuelverschiebung und Längsverteilung;

3. den Einfluß des Winkels des Auswerfers in den Bohrungen und damit das optimale Maß des Winkels zu den Zellen zu ermitteln, mit dem Ziel, die Verschiebung und die Beschädigung vor allem vor und während der Anlieferung zu verhindern;
4. den Fallvorgang der Knäuel nach der Anlieferung festzuhalten; (hierbei interessierte vor allem die Beeinflussung der Bahnkurve durch die Berührung der Knäuel mit dem Auswerfer)
5. die Anzahl der Knäuel zu erfassen, die im Sollbereich gefallen waren.

Hierfür verwendete Samenarten sind in folgende Gruppen eingeteilt:

- a) segmentiert kalibrierte Samen: 3,5 - 4 mm

TKG : 12,5 gr

Der Samen wurde mit Silberbronze gerarbt, um im Film besser beobachtet werden zu können.

- b) pillierte Samen: 3,9 - 4,5 mm

TKG : 28,4 gr (Färbung war nicht möglich)

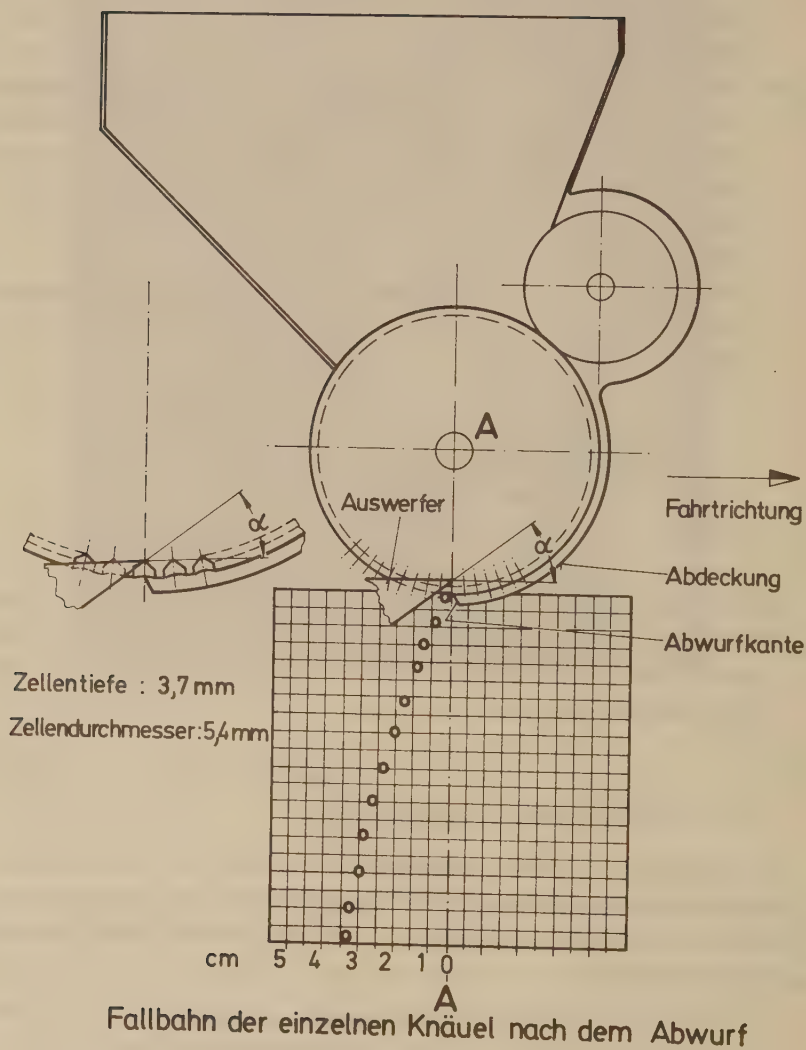
Die Umlaufgeschwindigkeit des Särades entsprach etwa einer Fahrgeschwindigkeit von 1,5 m/sec, bei der nach Abbildung 4 bei einer Zellenradtiefe von 3,7 mm eine genaueste Ablage zu erwarten ist.

3.2.3. Beschreibung der Auswertung

Die Auswertung der Filmaufnahmen geschah mit Hilfe eines Filmbetrachtungsgerätes, mit dem jedes Einzelbild des Filmes nacheinanderfolgend beobachtet werden konnte. Das geschah folgendermaßen:

Die Stellung des Knäuels vom Beginn des Austritts aus der Zelle wurde von Bild zu Bild nachgezeichnet. Zur örtlichen Fixierung diente ein hinter der Fallebene angebrachter Raster mit 5 mm-Teilung. Bei einer bestimmten Fallhöhe (z.B. 35 mm bzw. 58 mm und 100 mm) wurde der Durchgangsbereich des Knäuels registriert. (Abb.11)

Abb.11



Eine Senkrechte AA durch die Austrittskante ist die Bezugslinie. Der Längenabstand von dieser Bezugslinie fixiert die Stelle, an welcher das Knäuel nach der jeweiligen Fallhöhe den Boden berühren würde (horizontale Durchgangsebene). Während der Zeit, in der ein Knäuel auf seiner Flugbahn bis zum Durchgang durch eine der jeweiligen horizontalen Ebenen der entsprechenden Fallhöhen gefallen ist, ist bereits das nächste Knäuel über die Auswurfkante ausgetreten. Um das zweite Korn zu erfassen, mußte der Film im Betrachtungsgerät wieder zurückgedreht werden, damit die Flugbahn des zweiten Kornes auf die gleiche Weise erfaßt werden konnte. Es wurden drei verschiedene Fallhöhen beobachtet, um das Maß der Streuung des Auftreffabstandes in Abhängigkeit von der Fallhöhe bestimmen zu können. Außerdem wurde der Sollauftreffpunkt (Ort des häufigsten Durchganges) mit der theoretischen Wurfbahn verglichen. Die theoretische Wurfbahn ergibt sich aus der Wurffparabel des freien Falls unter Berücksichtigung der Umfangsgeschwindigkeit (v_x) des Särades bei einer Fahrgeschwindigkeit von 1,5 m/sec.

Die theoretische Bahn ergibt sich aus der Überlegung, daß das Knäuel mit der Umfangsgeschwindigkeit (v_x) austritt und im freien Fall nach unten fällt.

Auswertung des Filmes:

Um die theoretische Fallbahn aus dem Film zu ermitteln, muß zunächst die Umfangsgeschwindigkeit des Särades ermittelt werden. Dazu ermittelt man z.B. die Zeitdauer t_x während der ein Knäuel dem anderen beim Austritt über die Auswurfkante folgt. Auf dem Film sind mit einer Frequenz von 100 Hz Zeitmarken abgebildet, die einem bestimmten Abstand a je nach Bildfrequenz der Bildaufnahme auf dem Film haben. t_x ergibt sich aus der Länge s_x des Filmabschnittes, die sich mit dem Betrachtungsgerät herstellen läßt, und der Länge s_0 der Zeitmarkenabstände in diesem Bereich. (Abb. 11a)

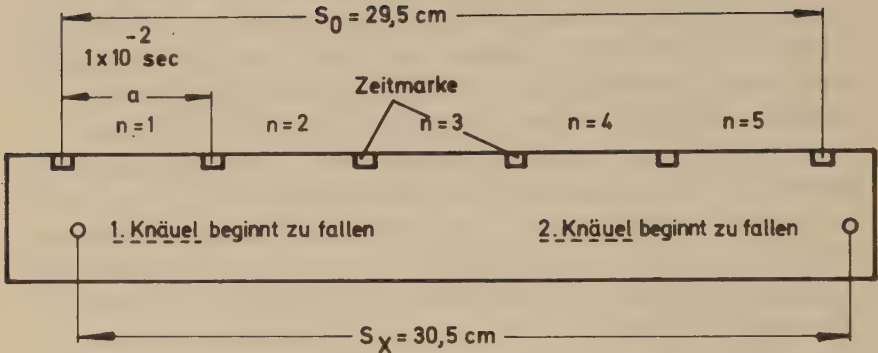


Abb. 11a

Da der Abstand a der Zeitmarken 10^{-2} Sek. entspricht, läßt sich aus der Anzahl n der Zeitmarkenabstände im Bereich s_x die verschiedene Zeit genau ermitteln. Dann es ist

$$\frac{s_0}{t_0} = \frac{s_x}{t_x} \quad t_0 = n \cdot 10^{-2} \text{ Sek}$$

$$t_x = t_0 \cdot \frac{s_x}{s_0}$$

Beispiel: $n = 5$ $s_x = 30,5 \text{ cm}$ $s_0 = 29,5 \text{ cm}$

$$t_x = 5 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{30,5}{29,5} \quad t_x = 5,16 \cdot 10^{-2} \text{ Sek}$$

Da die Umfangsgeschwindigkeit des Särades nicht völlig konstant ist, und auch der Beginn des Austritts der Knäuel wegen ihrer unterschiedlichen Form nicht genau in gleichen Zeitpunkten erfolgt, wird aus 10 Knäulfolgen ein Mittelwert gebildet. Er ergibt sich für eine Knäulfolge zu

$$t_x = 4,154 \cdot 10^{-2} \text{ Sek.}$$

Aus dem Durchmesser des Zellenrades ($d = 157,5 \text{ mm}$) und der Anzahl der Zellen ($z = 72$) ergibt sich der horizontale Weg x , den ein Knäuel nehmen würde, wenn es in tangentialer Richtung das Zellenrad verlassen würde.

Es ist

$$x = \frac{d \cdot \pi}{z} = \frac{157,5}{72} = 6,88 \text{ mm}$$

Daraus ergibt sich eine mittlere Geschwindigkeit des Knäuels in horizontaler Richtung zu

$$v_x = \frac{x}{t_x} = \frac{6,88}{4,154} \cdot 10^{-2} = 1,65 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mm}}{\text{sec}}$$

Gleichzeitig fällt aber das Knäuel in senkrechter Richtung (y). Die Fallgeschwindigkeit v_y ergibt sich aus der Beziehung für den freien Fall aus der Ruhelage $v_0 = 0$.

Es ist

$$v_y = \sqrt{2 g \cdot y} \quad v_y = g \cdot t_x$$

woraus sich die Fallhöhe für die Zeit t_x errechnet zu

$$2 g \cdot y = g^2 \cdot t_x^2 \quad y = \frac{g}{2} \cdot t_x^2$$

Für die Zeitintervalle $t_x = 1 \cdot 10^{-2}$; $2 \cdot 10^{-2}$; $3 \cdot 10^{-2}$... erhält man durch Bildung der Resultierenden aus x und y die theoretische Fallbahn des Knäuels (Abb.45-60).

3.3. Untersuchungsergebnisse

Für die einzelnen Versuche wurden folgende Auswerfer verwendet, die sich in ihrem Anstellwinkel α unterschieden. Der Anstellwinkel ist folgendermaßen gemäß Abb. 11 definiert, und zwar ist

$$\begin{array}{ll} 1) : \alpha = 30,0^\circ & 3) : \alpha = 37,5^\circ \\ 2) : \alpha = 34,0^\circ & 4) : \alpha = 41,0^\circ \\ & 5) : \alpha = 45,0^\circ \end{array}$$

Als Fallhöhen wurden gewählt:

$$h = 35 \text{ mm}; \quad h = 58 \text{ mm}; \quad h = 100 \text{ mm}$$

Der Abstand zwischen Auswerfer und Abdeckung betrug einmal 4,8 mm und ein anderesmal 5,4 mm.

3.3.1. Einfluß des Anstellwinkels auf die Streuung des Fallbereiches der Knäuel

Bei einer Frequenz von 1000 Bildern/sec war wegen der Länge

des Filmes (etwa 30 m) die Anzahl der verfolgbaren Knäuel auf etwa 40 Stück begrenzt.

Bei dieser Anzahl von Knäueln ergaben sich nach Tabelle 4 und 5 bei verschiedenen Fallhöhen ($h = 58$ mm und $h = 35$ mm und 100 mm) und bei verschiedenen Abständen zwischen der Abwurfkante und Auswerferkante ($a = 4,8$ und $a = 5,4$ mm) und bei verschiedenen Saatgutarten (kalibriert und pilliert) in Abhängigkeit des Anstellwinkels ein unterschiedlicher, prozentualer Anteil der Knäuel, die im Sollbereich auftrafen.

Aus den Tabellen 4 und 5 ist folgendes zu ersehen:

- a) Der prozentuale Anteil der Knäuel, die im Sollbereich auftreffen, ist bei pilliertem Samen in jedem Fall größer als bei kalibriertem. Das hängt offensichtlich damit zusammen, daß die pillierten Samen eine gleichmäßigere Form (Kugelform) haben.

Wenn man den prozentualen Anteil bei beiden Samenarten miteinander vergleicht, stellt man bei den verschiedenen Auswerfern mit kalibriertem Samen einen erheblichen Unterschied ($57,5 - 70\%$ bei $h = 58$ mm und einem Abstand $a = 5,4$ mm) fest. Bei pilliertem Samen ist der Einfluß des Auswerfers wesentlich geringer ($70 - 85\%$). Das gilt auch für die Fallhöhe $h = 35,0$ mm.

Auch bei dem Abstand $a = 4,8$ mm ist dieses Merkmal festzustellen.

Der Faktor, der die Knäuelverschiebung hauptsächlich verursacht, ist der Anstellwinkel des Auswerfers.

Der Auswerfer hat die Aufgabe, das Knäuel aus der Zelle zu lösen, wenn es nicht von selbst infolge seiner Schwerkraft austreten kann (im Fall einer Festklemmung). Im Augenblick der Berührung von Auswerferkante und Knäuel beginnt die Beeinflussung der Knäuelverschiebung. Wie mit dem Betrachtungsgerät festzustellen ist, können zwei Merkmale hierfür verantwortlich gemacht werden. Das rein technische ist bedingt durch den Anstellwinkel des Auswerfers, während das morphologische Merkmal von der Form des Knäuels bestimmt wird.

Tabelle 4

Prozentualanteil der Knäuel, die im Sollbereich aufgetroffen sind bei einem Abstand zwischen Überfallkante und Auswerfer von 5,4 mm

Auswerfer- Anstell- winkel	Kalibriert h= 58,0 mm a= 5,4 mm	Pilliert H= 58,0mm a= 5,4mm	Kalibriert h= 35,0 mm a= 5,4 mm	Pilliert h= 35,0mm a= 5,4mm
30,0°	57,5	85,0	65,0	78,5
34,0°	60,0	70,0	65,5	72,5
37,5°	65,0	82,5	67,5	80,5
41,0°	70,0	72,5	68,0	70,5
45,0°	63,5	75,0	67,5	75,0

h= Die Höhe

a= Der Abstand zwischen Abdeckung und Auswerfer

v= 1 m/sec

Tabelle 5

Prozentualanteil der Knäuel, die im Sollbereich aufgetroffen sind bei einem Abstand zwischen Überfallkante und Auswerfer von 4,8 mm

Auswerfer- Anstell- winkel	Kalibriert h= 58,0 mm a= 4,8 mm	Pilliert h= 58,0 mm a= 4,8 mm	Kalibriert h= 35,0 mm a= 4,8 mm	Pilliert h= 35,0 mm a= 4,8 mm
30,0°	42,5	65,0	60,0	72,0
37,5°	52,5	72,5	58,5	70,5
45,0°	55,0	72,5	60,0	75,0

Technisches Merkmal

Aus den beiden Tabellen 4 und 5 geht hervor, daß sich mit Größerwerden des Anstellwinkels bei kalibrierten Knäueln die Genauigkeit der Knäuelablage am Boden verbessert bis zu einem Anstellwinkel über 41° bei einem Abstand des Auswerfers von der Abdeckung ($a = 5,4 \text{ mm}$), während bei kleinerem Abstand ($a = 4,8 \text{ mm}$) eine eindeutige Tendenz nicht erkennbar ist.

Morphologisches Merkmal

Der pillierte Samen bedingt eine hohe Ablagegenauigkeit, der kalibrierte Samen mit seiner kantigen Form bedarf offensichtlich eines Auswerfers mit bestimmtem Anstellwinkel.

Untersucht man weiterhin die Streuungsbereiche der Knäuel, die außerhalb des häufigsten Auftreffpunktes liegen, dann ergibt sich nach den Abb. 12-43, daß die Knäuel, die nicht im häufigsten Bereich auftreffen, unterschiedlich stark streuen. Hier erhebt sich die Frage, ob die Knäuel durch Berührung der Auswerferkante gelenkt werden. Es ließ sich leider nicht immer genau ermitteln, ob ein Knäuel die Auswerferkante berührt. Von denjenigen, die berührt haben, liegen einige in der Fallbahn, die zum häufigsten Ablagepunkt führt, während andere Fallbahnen einnehmen, die außerhalb des Sollbereiches liegen. In Tabelle 6 und Abb. 44 ist der prozentuale Anteil der Knäuel, die mit Sicherheit aufgrund der Filmauswertung die Auswerferkante berührt haben, wiedergegeben.

Verteilung der Knäuel nach dem Abwurf
($a = 5,4 \text{ mm}$; $h = 58 \text{ mm}$)

- 43 -

Häufigkeit % **Abb.12** Kalibriert

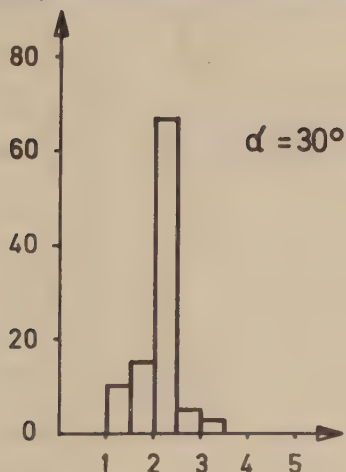
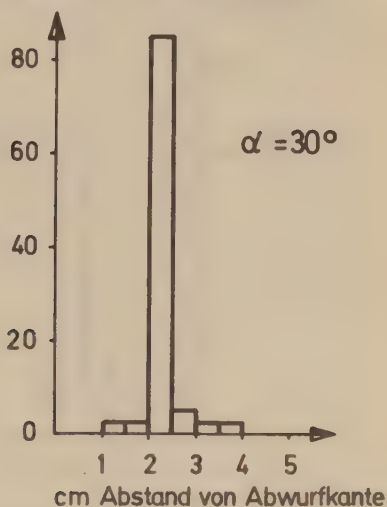


Abb.13 Pilliert



Häufigkeit % **Abb.14** Kalibriert

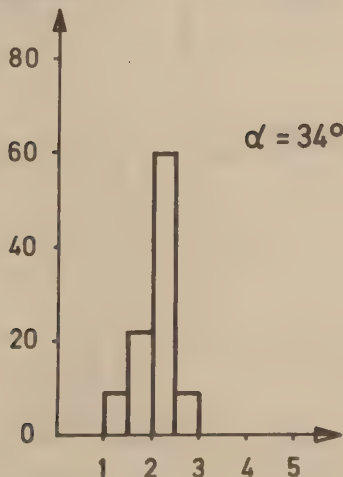
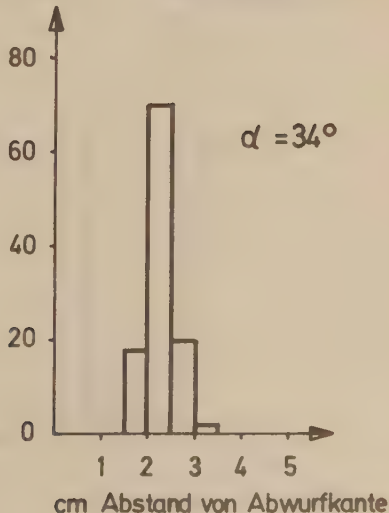


Abb.15 Pilliert



Verteilung der Knäuel nach dem Abwurf

- 44 -

($a = 5,4 \text{ mm}$; $h = 58 \text{ mm}$)

Abb.16 Kalibriert

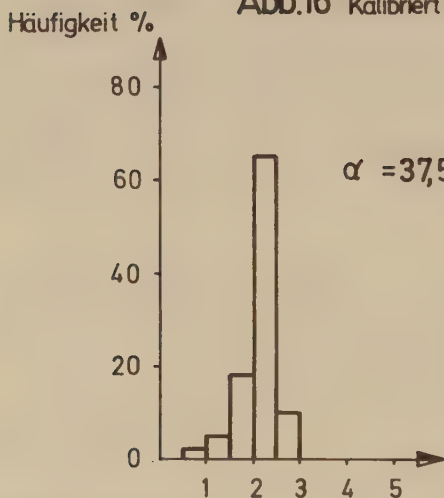


Abb.17 Pilliert

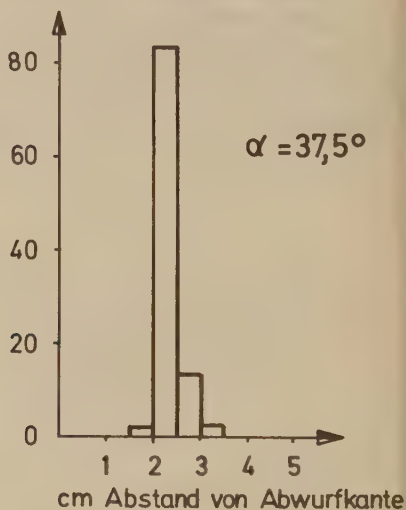


Abb.18 Kalibriert

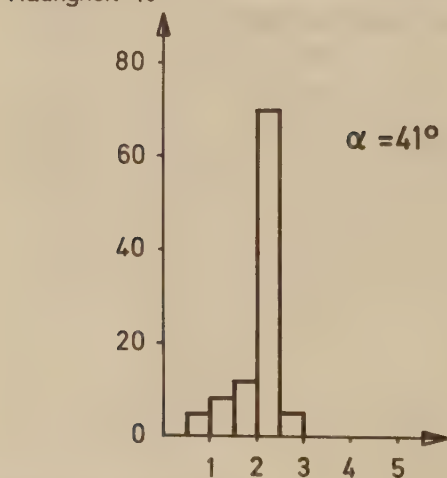
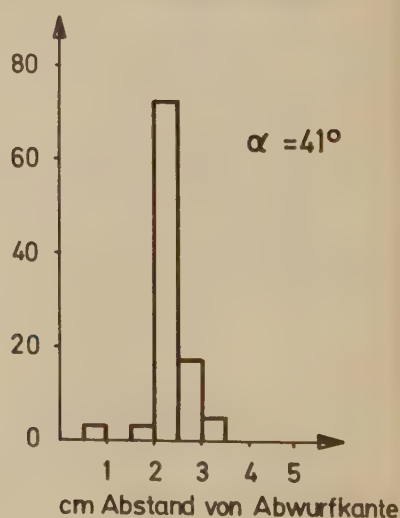


Abb.19 Pilliert



Verteilung der Knäuel nach dem Abwurf

- 45 -

($a = 5,4 \text{ mm}$; $h = 58 \text{ mm}$)

Abb.20 Kalibriert

Häufigkeit %

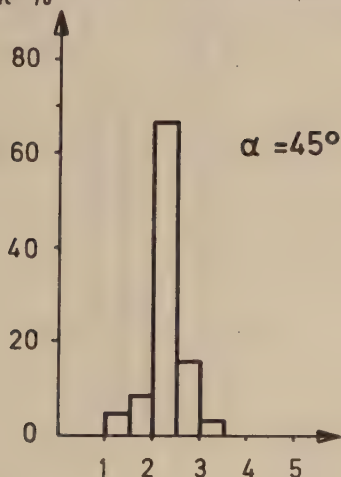
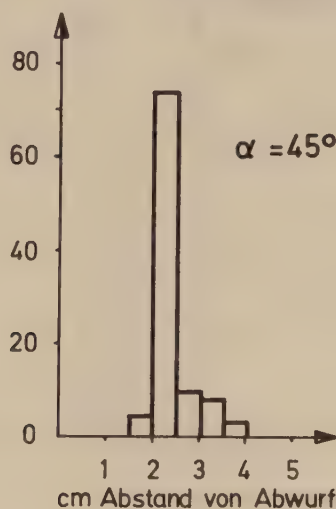


Abb.21 Pilliert



($a = 5,4 \text{ mm}$; $h = 35 \text{ mm}$)

Abb.22 Kalibriert

Häufigkeit %

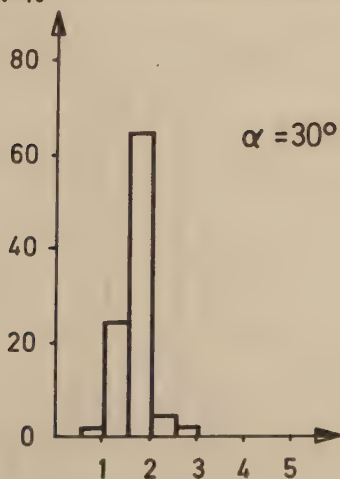
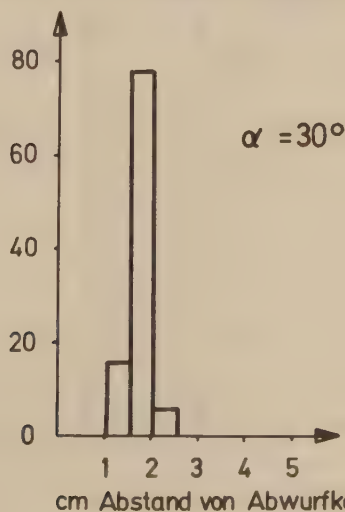
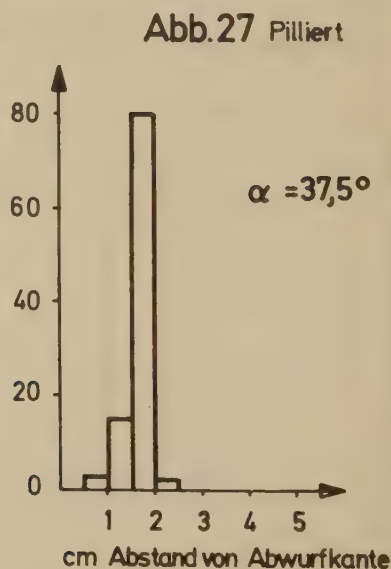
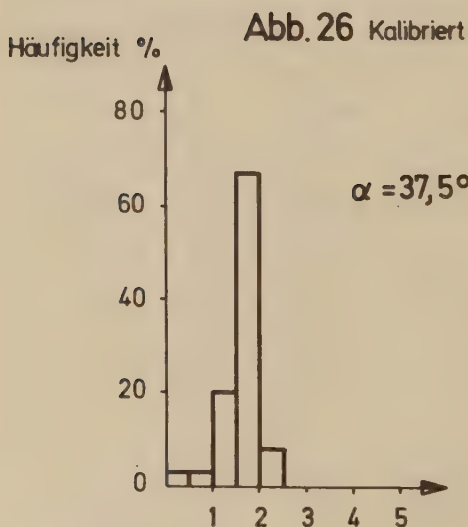
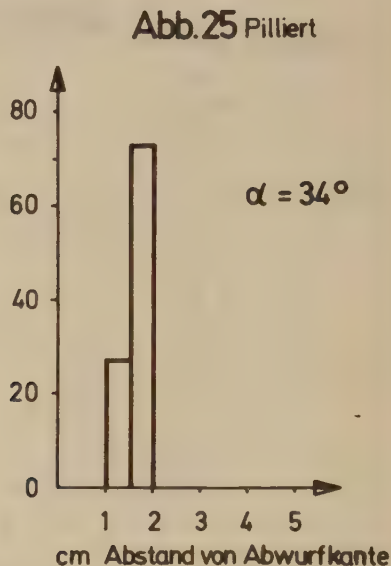
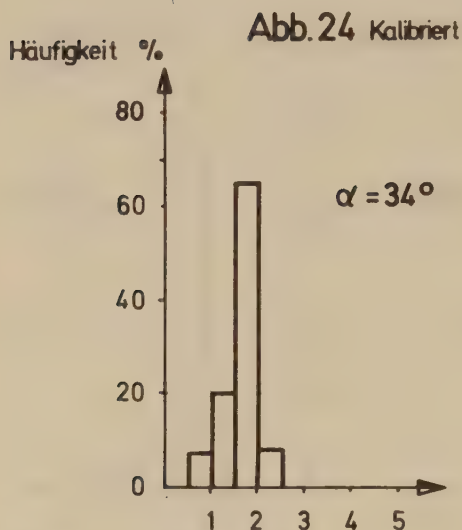


Abb.23 Pilliert



Verteilung der Knäuel nach dem Abwurf
($a = 5,4\text{mm}$; $h = 35\text{mm}$)

- 46 -



Verteilung der Knäuel nach dem Abwurf
($a = 5,4 \text{ mm}$; $h = 35 \text{ mm}$)

- 47 -

Abb.28 Kalibriert

Häufigkeit %

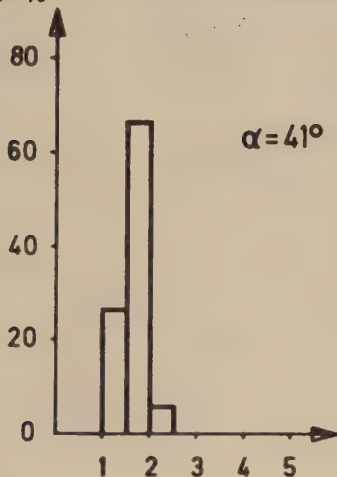


Abb.29 Pilliert

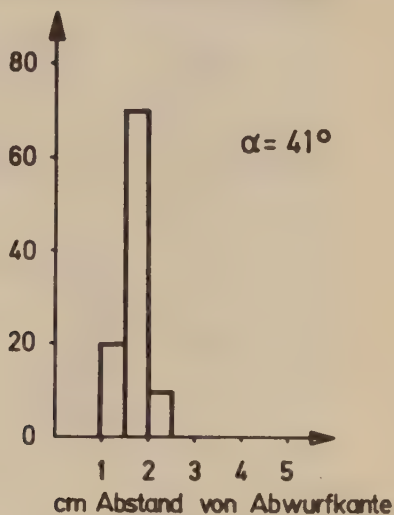


Abb.30 Kalibriert

Häufigkeit %

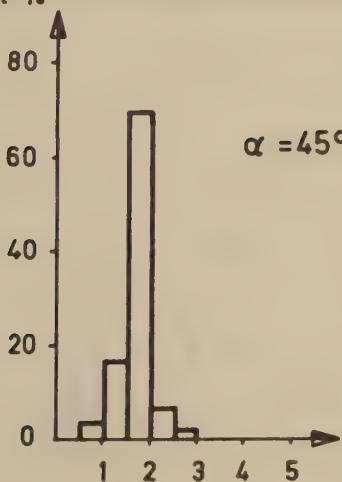
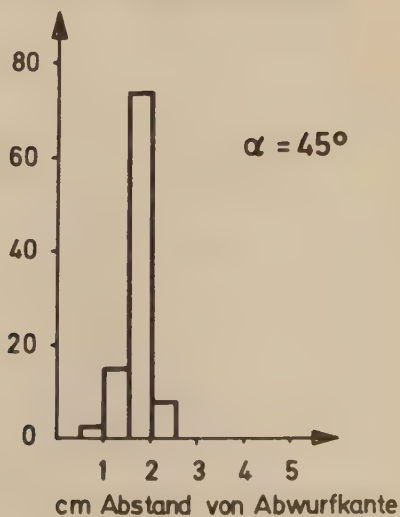


Abb.31 Pilliert



Verteilung der Knäuel nach dem Abwurf ($\alpha = 4,8 \text{ mm}$; $h = 58 \text{ mm}$)

- 48 -

Häufigkeit % **Abb.32 Kalibriert**

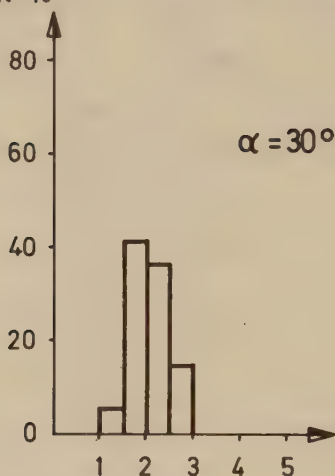
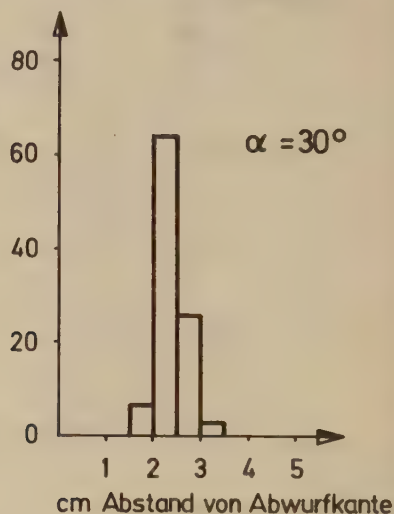


Abb.33 Pilliert



Häufigkeit % **Abb.34 Kalibriert**

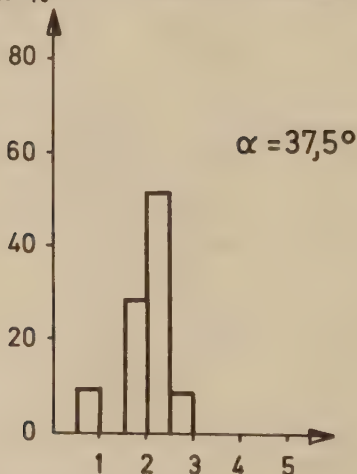
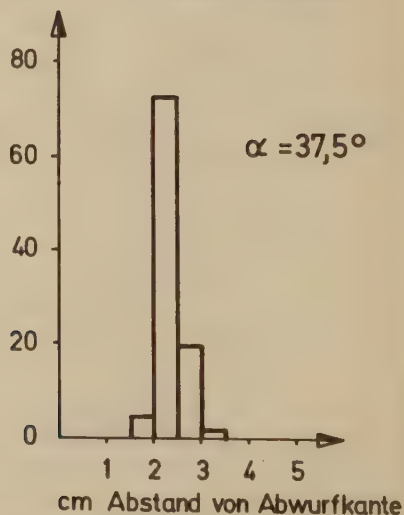


Abb.35 Pilliert



Verteilung der Knäuel nach dem Abwurf

-49-

($a = 4,8\text{mm}$; $h = 35\text{mm}$)

Abb.36 Kalibriert

Häufigkeit %

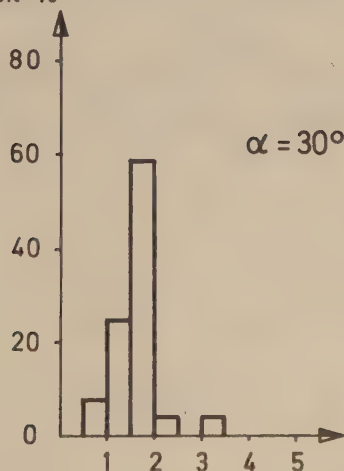


Abb.37 Pilliert

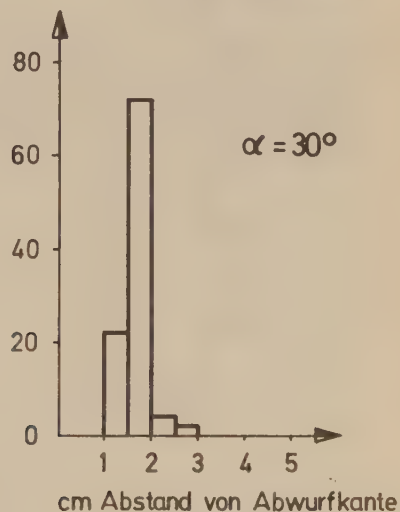


Abb.38 Kalibriert

Häufigkeit %

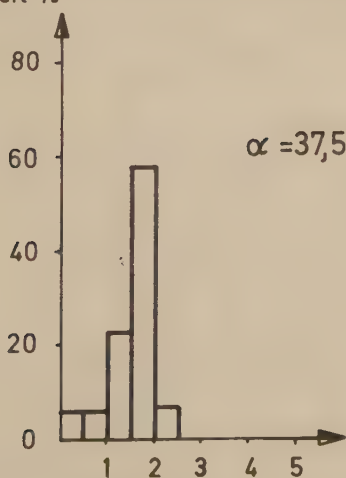
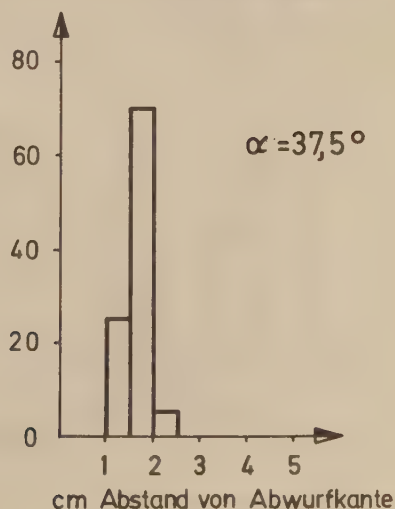


Abb.39 Pilliert



Verteilung der Knäuel nach dem Abwurf ($a = 4,8 \text{ mm}$; $h = 58 \text{ mm}$)

- 50 -

Abb.40 Kalibriert

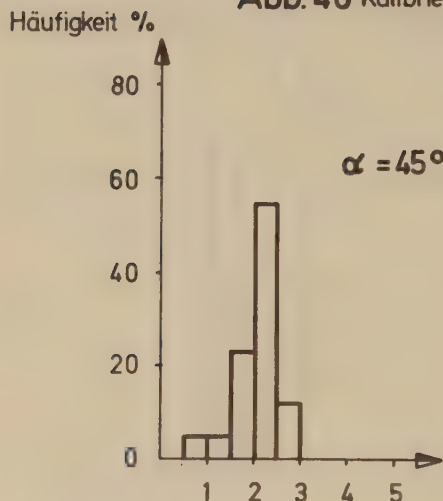
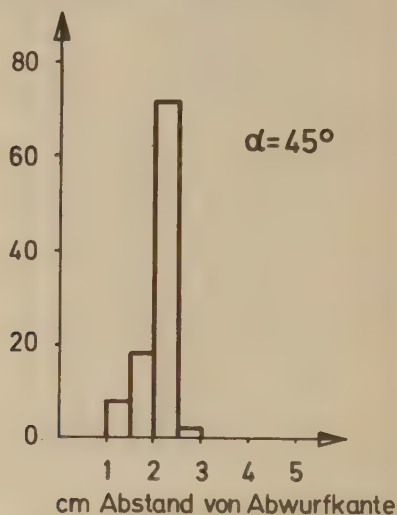


Abb.41 Pilliert



($a = 4,8 \text{ mm}$; $h = 35 \text{ mm}$)

Abb.42 Kalibriert

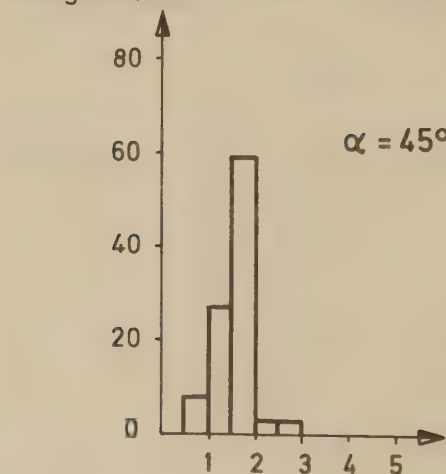


Abb.43 Pilliert

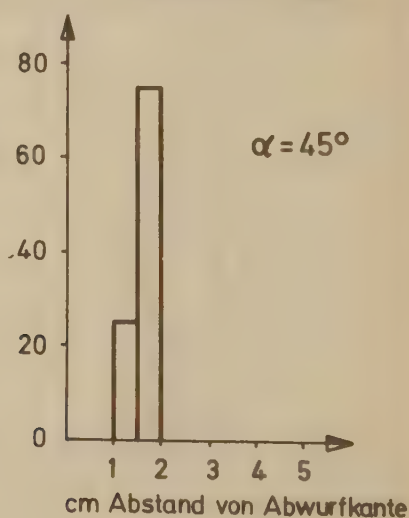
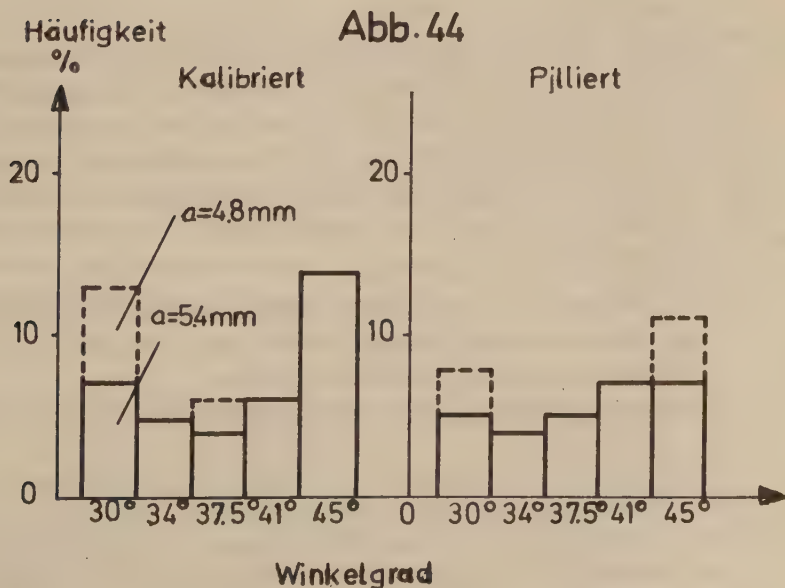


Tabelle 6

Mit Sicherheit häufigste Berührung der Zuckerrüben-Knäuel mit dem Auswerfer (in %)

Auswerfer- Anstell- winkel	kalibriert h= 58,0 mm a= 5,4 mm	pilliert h= 58,0 mm a= 5,4 mm	kalibriert h= 58,0 mm a= 4,8 mm	pilliert h= 58,0 mm a= 4,8 mm
$\alpha = 30,0^\circ$	7	5	13	8
$\alpha = 34,0^\circ$	5	4		
$\alpha = 37,5^\circ$	4	5	6	5
$\alpha = 41,0^\circ$	6	7		
$\alpha = 45,0^\circ$	14	7	14	11



Wie aus den Säulendarstellungen (Abb.12-43) hervorgeht, nimmt die Streuung und Verschiebung der Knäuel von dem Sollbereich ständig ab je weiter der Durchgang der Knäuel vom häufigsten Bereich (Sollbereich) entfernt ist. Diese Abweichung vom Sollbereich sowohl bei kalibriertem als auch bei pilliertem Samen ergibt sich für $h = 58,0$ mm an der Tabelle 4.

	<u>kalibriert</u>	<u>pilliert</u>
$\alpha = 30,0^\circ$	42,5%	15,0%
$\alpha = 34,0^\circ$	40,0%	30,0%
$\alpha = 37,5^\circ$	35,0%	17,5%
$\alpha = 41,0^\circ$	30,0%	27,5%
$\alpha = 45,0^\circ$	36,5%	25,0%

Die Ursachen für die Unregelmäßigkeit der Ablage kann man in folgenden Faktoren sehen:

1. Formlosigkeit der Knäuel

Knäuel, die in Größe und Form nicht einheitlich sind, bleiben mit den Spitzen in der Zelle kleben. Sie werden vom Auswerfer hinausbefördert und durch den Anstoß um ihrem Schwerpunkt gedreht. Deshalb kommen sie von ihrer eigenen Fallbahn ab und fallen innerhalb bzw. außerhalb des Sollbereiches. Die Drehung erfolgte im Uhrzeigersinn und umgekehrt.

2. Die Drehung der Knäuel kann auch teilweise durch Rollen auf der Abdeckung während ihres Weges vom Beginn der Füllung der Zellen zustande kommen,

- a) wenn die Knäuel kleineren Durchmesser haben als die Zelle oder
- b) wenn bei unregelmäßigem Abstand der Abdeckung vom Zellenradumfang die Knäuel etwas aus der Zelle heraustreten. In beiden Fällen können die Knäuel durch Reibung an Abdeckfläche und Zellenwand beschädigt werden.

Bei dem für die Filmaufnahmen verwendeten Sägerät kann nur der Fall a) in Betracht gezogen werden, da

dieses Gerät so genau wie möglich hergestellt war. Der Fall b) kann aber in der Praxis durchaus vorkommen.

- c) Die Umlaufgeschwindigkeit des Zellenrades ist vermutlich ebenfalls eine Ursache. Die Knäuel sind infolge der Umfangsgeschwindigkeit des Zellenrades Umfangskraft ausgesetzt, die in der Richtung auf die Abwerferkante wirkt, und sie werden außerdem durch Zentrifugalkraft auf die Abdeckfläche gedrückt.

3. Wie früher erwähnt, kann auch durch Unregelmäßigkeit der Zellenabmessung und der Saatgutgröße die Knäuelverschiebung verursacht werden.

4. Der Abstand zwischen Abwurfkante und Auswerfer spielt auch eine große Rolle. Wenn dieser Abstand nicht mit dem Durchmesser des Zellenrades übereinstimmt, dann erfolgt eine Knäuelverschiebung und Beschädigung. Es geschieht folgendes:

Im Moment des Knäuelaustrittes befindet sich der Auswerfer in den Zellen. Wenn der Abstand zwischen Auswerfer und Abdeckung gleich wie oder größer als der Zellendurchmesser ist, kann das Knäuel ungehindert austreten. Die Auswerferspitze stößt in die Zelle zur Herausbeförderung der Knäuel. Aber wenn umgekehrt der Abstand kleiner ist als der Zellendurchmesser, dann verklemmt der Auswerfer das Knäuel in der Zelle. Das bedeutet eine Beschädigung und schließlich eine Verchiebung bzw. Verzögerung.

3.3.2. Der Einfluß der Fallhöhe und des Fallvorganges auf die Knäuelverschiebung

Es wurde festgestellt, daß die Fallbahn der einzelnen Knäuel unterschiedlich ist. Der dadurch bedingte Unterschied des Auftreffbereiches am Boden (horizontaler Durchgangsebene im Auswertungsraster) ist abhängig von der Fallhöhe. Je höher sie ist, desto größer ist die Möglichkeit, daß die Knäuel innerhalb dieser Fallhöhe von der normalen Fallbahn abweichen.

Das geht deutlich aus den Abbildungen 12-43 hervor. Hier sind die Fallhöhen gegenübergestellt ($h = 58$ mm und $h = 35$ mm).

Naturgemäß ist die Tendenz zur Streuung und Abweichung vom Sollbereich bei der Fallhöhe von 58 mm bedeutend größer als bei der Fallhöhe von 35 mm. Wenn überhaupt Streuungen sich ergeben, dann sind am Auswerfer Störungen in der Auswurf-
folge verantwortlich, die auf dem Vorgang der Zellenent-
leerung beruhen. Diese Verschiebung zwischen verschiedenen Auswerfern ist jeweils aus Tabelle 4 zu ersehen.

Die Ursache hierfür ist bereits erwähnt und besprochen. Entscheidend ist auch für die Knäuelfolge die Fallrichtung der Knäuel, die sich nicht in einer gleichbleibenden Fallkurve bewegen.

Es wurde beobachtet, daß die Knäuel sich nach dem Ablösen von der Zelle nicht auf einer gleichbleibenden Wurfrichtung befinden, sondern sie zeigen eine Streuung bzw. Abweichung nach beiden Seiten von dem Sollbereich. Die Regelmäßigkeit des Knäuelabwurfs bei pillierten Samen ist viel genauer als bei kalibrierten.

Die Ursache der Streuung bei kalibrierten Samen liegt in erster Linie an Form und Größe der Knäuel, die unterschiedliche Impulse nach der Anlieferung von den Zellen bekommen. Außerdem ist auch hierfür die Formlosigkeit der Knäuel entscheidend. Kleine und in die Zellen passende Knäuel fallen ohne Hilfe des Auswerfers und etwa früher als andere.

Größere Knäuel aber können nur durch Gewalt vom Auswerfer aus der Zelle gestoßen werden.

Ferner zeigen die Knäuel, die eine unterschiedliche Breite und Dicke haben oder nicht ganz kugelförmig sind, bei der Entleerung eine Verzögerung. Durch diese Verklemmung der Knäuelspitzen könnte es zu einer Streuung kommen und im Endeffekt zu einer Beschädigung, die die Keimfähigkeit auf dem Feld verringert.

Es ist auch zu vermuten, daß der Luftwiderstand die Knäuelverschiebung verursacht, da die Masse der Knäuel im Verhältnis zu ihrer Oberfläche sehr gering ist, so daß ein relativ kleiner "Flugkoeffizient" entsteht (5). Das Verhältnis vom

Gewicht zur Oberfläche der Knäuel ist unterschiedlich wie auch das Flugverhältnis. Die Verschiebung wird immer größer, je größer der Fallweg und je höher die absolute Geschwindigkeit auf dem Fallweg ist, da der Luftwiderstand eines Körpers mit dem Quadrat seiner Geschwindigkeit anwächst.

$$w = f (v^2)$$

Es muß hierbei bemerkt werden, daß bei den Filmaufnahmen die fallenden Knäuel einer Wärmestrahlung von den Scheinwerfern ausgesetzt waren. Inwieweit diese Strahlung einen Einfluß auf die Fallbewegung hatte, ist nicht zu erfassen. Um die Fallbahnen der einzelnen Knäuel mit der theoretischen Fallkurve vergleichen zu können, wurde aus dem Film die Fallbahn der Knäuel nachgezeichnet.

3.3.3. Vergleich der theoretischen und wirklichen Fallbahnen der Kurven

Die in der geschilderten Weise auf photographischem Wege gewonnenen Versuchsergebnisse wurden nach ihrer Auswertung in den folgenden Diagrammen dargestellt. In die Diagramme (Abb. 45-60) wurde

- a) die theoretische Fallbahn
- b) die häufigste Fallbahn
- c) die weiteste Fallbahn
- d) die kürzeste Fallbahn eingezeichnet.

Diese Versuche zeigen, daß mit zunehmender Fallhöhe beispielsweise von 3,5 cm auf 5,8 cm bis 10 cm eine größere Streuung zu beobachten ist. Es ist beachtlich, daß die theoretische Fallbahn bei kalibriertem Saatgut und bei einem Abstand von $a = 5,4$ mm sich gut mit der häufigsten Fallbahn deckt. Bei pilliertem Saatgut ist dies nicht offensichtlich: Bei dem Abstand $a = 4,8$ mm ist eine größere Abweichung der wirklichen Fallbahn von der theoretischen sowohl bei kalibriertem als auch bei pilliertem Saatgut festzustellen.

Saatgut : Kalibriert
Abstand zwischen Auswerfer und Abdeckung

$a = 5,4 \text{ mm}$

$\alpha = 37,5^\circ$

Abstand von
Abwurfskante
(cm)

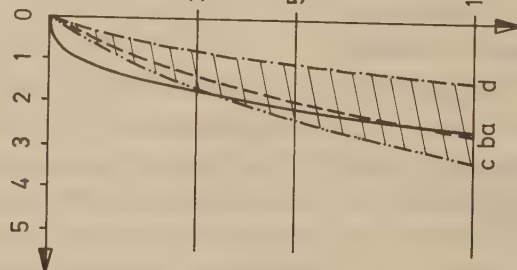


Abb. 47

$\alpha = 34^\circ$

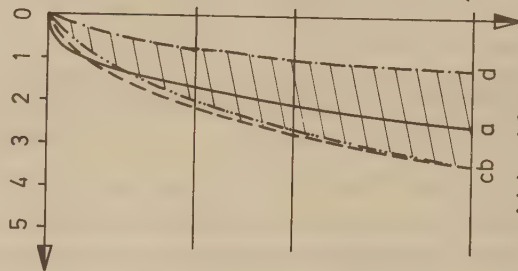


Abb. 46

$\alpha = 30^\circ$

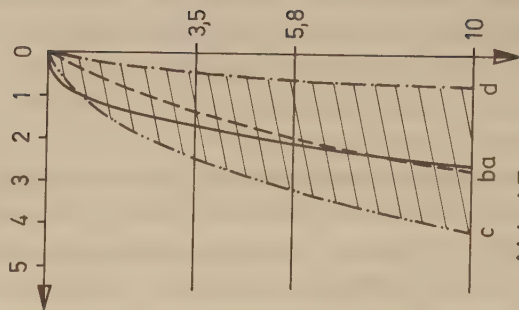
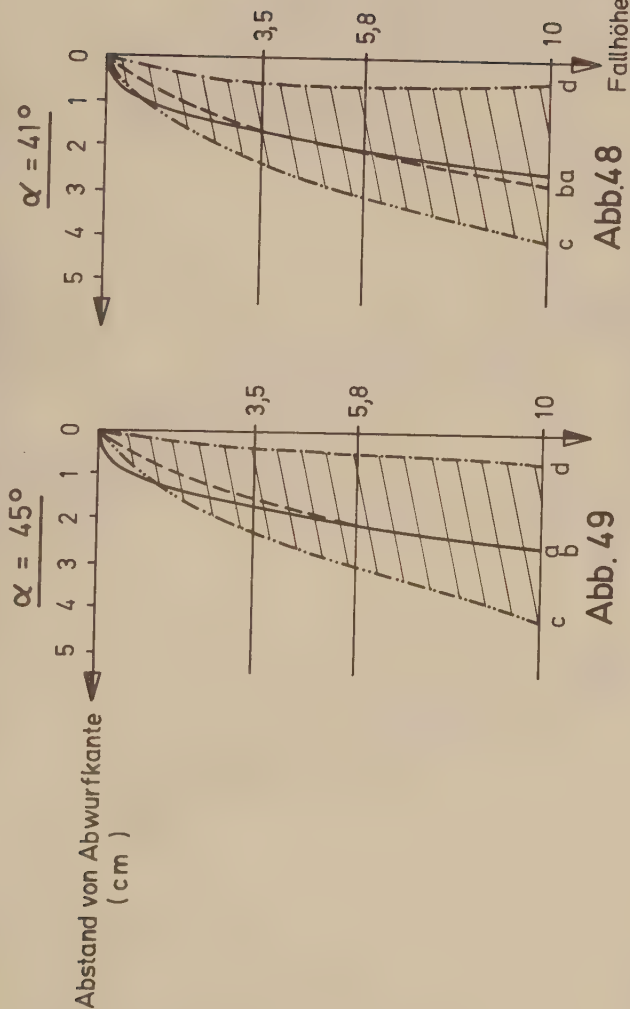


Abb. 45

- a = Theoretische Fallbahn
- b = Häufigste Fallbahn
- c = Weitestе Fallbahn
- d = Kürzeste Fallbahn

Vergleiche die theoretischen und wirklichen Fallbahnen der Kräule.

Saatgut: Kalibriert
 $a = 5,4 \text{ mm}$ Abstand zwischen Auswerfer und Abdeckung



- a = Theoretische Fallbahn
- b = Häufigste Fallbahn
- c = Weitesten Fallbahn
- d = Kürzesten Fallbahn

Vergleiche die theoretischen und wirklichen Fallbahnen der Kräuele

Saatgut : Kalibriert

Abstand zwischen Auswerfer und Abdeckung

$a = 4,8 \text{ mm}$

$\alpha = 37,5^\circ$

Abstand von
Abwurfskante
(cm)

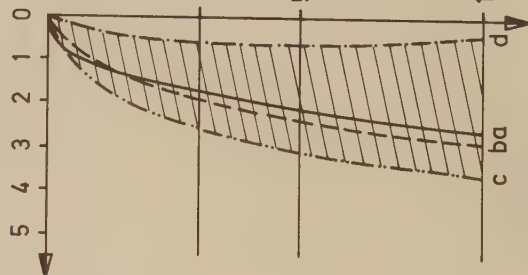


Abb. 52

$\alpha = 34^\circ$

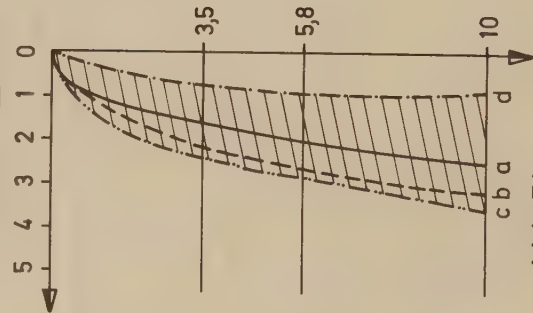


Abb. 51

$\alpha = 30^\circ$

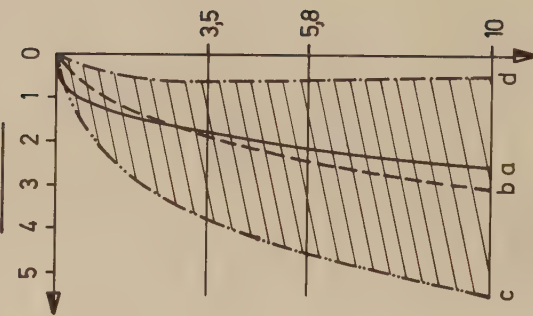


Abb. 50

- a = Theoretische Fallbahn
- b = Häufigste Fallbahn
- c = Weitesten Fallbahn
- d = Kürzesten Fallbahn

Vergleiche die theoretischen und wirklichen Fallbahnen der Knäuele.

Saatgut : Pilliert

$a = 5,4 \text{ mm}$ Abstand zwischen Auswerfer und Abdeckung

$$\alpha = 45^\circ$$

Abstand von Abwurfskante
(cm)

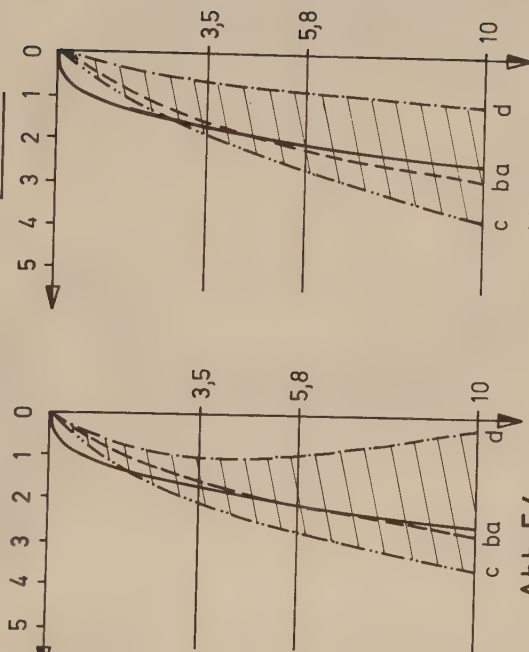


Abb. 54

Abb. 53

- a = Theoretische Fallbahn
- b = Häufigste Fallbahn
- c = Weitesten Fallbahn
- d = Kürzesten Fallbahn

Vergleiche die theoretischen und wirklichen Fallbahnen der Knäuele.

Saatgut : Pilliert
 Abstand zwischen Auswerfer und Abdeckung

$a = 5,4 \text{ mm}$

$\alpha = 45^\circ$

Abstand von
 Abwurfkante
 (cm)

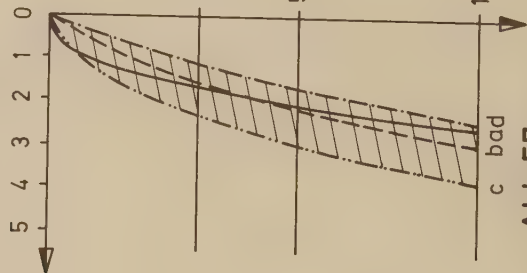


Abb. 57

$\alpha = 37,5^\circ$

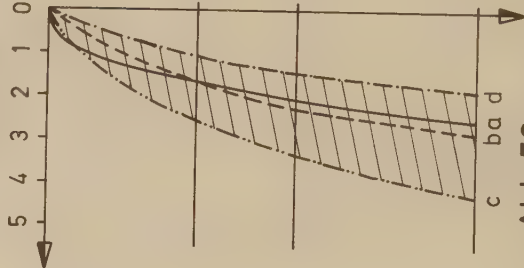


Abb. 56

$\alpha = 30^\circ$

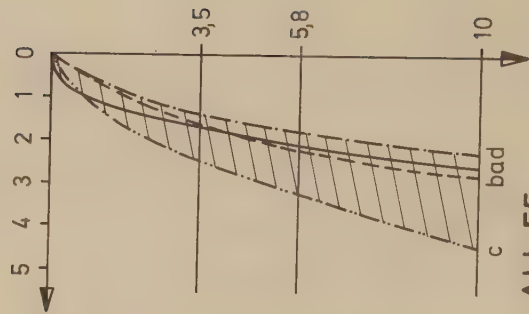


Abb. 55

Fallhöhe (cm)

- a = Theoretische Fallbahn
- b = Häufigste Fallbahn
- c = Weitesten Fallbahn
- d = Kürzesten Fallbahn

Vergleiche die theoretischen und wirklichen Fallbahnen der Knäuele

Saatgut: Pilliert

Abstand zwischen Auswerfer und Abdeckung

$a = 4,8 \text{ mm}$

$\alpha = 45^\circ$

Abstand von
Abwurfskante
(cm)

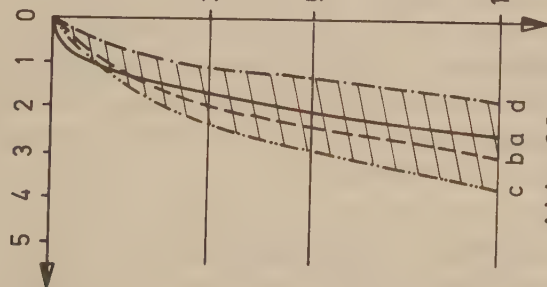


Abb. 60

$\alpha = 37,5^\circ$

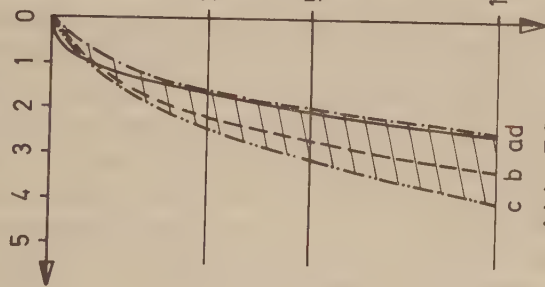


Abb. 59

$\alpha = 30^\circ$

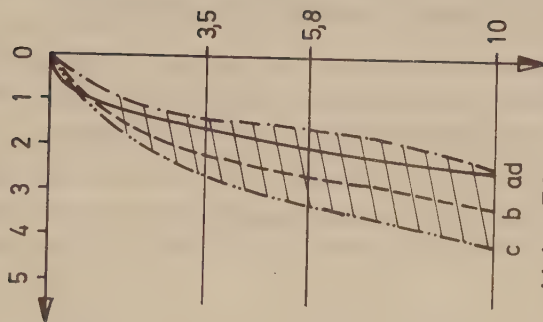


Abb. 58

Fallhöhe (cm)

a = Theoretische Fallbahn

b = Häufigste Fallbahn

c = Weitesten Fallbahn

d = Kürzeste Fallbahn

Vergleiche die theoretischen und wirklichen Fallbahnen der Knäuele.

3.3.3.1. Der Einfluß des Abstandes zwischen Abwurfkante und Auswerfer auf die Knäuelverschiebung

Aus dem häufigsten Verhalten des Saatgutes beim Abstand $a = 5,4$ mm läßt sich folgern, daß beim Verlassen der Zellen die Knäuel im allgemeinen nicht behindert werden.

Beim Abstand $a = 4,8$ mm zeigte sich, daß die Fallbahn vom Auswerfer durch eine Verklemmung beeinflusst wird. Das Knäuel wird am Auswerfer gewissermaßen zu einer anderen Fallrichtung gezwungen.

Die Lage der extremen Fallbahnen bei den beiden Abständen a macht bei kalibriertem Saatgut auch deutlich, daß bei $a = 4,8$ mm der Zwang auf das Knäuel größer ist, als bei $a = 5,4$ mm. Es kommt zu Beschädigungen der Knäuel. Bei pilliertem Saatgut ist der Unterschied der Lage der extremen Fallbahnen nicht so groß wie bei kalibriertem und zwar weder bei $a = 5,4$ mm noch bei $a = 4,8$ mm. Das hängt auch damit zusammen, daß bei kalibriertem Saatgut die Möglichkeit von Doppelbelegung der Zelle gegeben ist. Außerdem muß man sagen, daß die Beschädigung der pillierten Knäuel nicht die gleichen Folgen hat wie bei kalibrierten. Denn bei pillierten Knäueln wird auch bei $a = 4,8$ mm eigentlich nur die Hülle beschädigt, das Knäuel aber zerbricht nicht.

Es wurde bereits erwähnt, daß der Abstand zwischen Abwurfkante und Auswerfer mit dem Bohrungsdurchmesser übereinstimmen muß, sonst erfolgt eine Verklemmung der Knäuel in den Zellen, die eine Ungenauigkeit in der Ablage verursacht bzw. eine Beschädigung, die im Endeffekt keinen normalen Bestand auf dem Feld erwarten läßt.

Aus dem Vergleich aller Fallbahnen läßt sich der Schluß ziehen, daß der Anstellwinkel des Auswerfers mit $\alpha = 37,5^\circ$ und der Abstand der Abwurfkante von der Auswerferkante $a = 5,4$ mm die günstigen Bedingungen sind.

In diesem Zusammenhang wurden zwei verschiedene Abstände verglichen, nämlich:

a) $a = 4,8 \text{ mm}$ $a = 5,4 \text{ mm}$
Abb. 32-37 bzw. Abb. 12-21
 $h = 58,0 \text{ mm}$ $h = 58,0 \text{ mm}$

b) $a = 4,8 \text{ mm}$ Abb. 38-43 bzw. $a = 5,4 \text{ mm}$ Abb. 22-31
 $h = 35,0 \text{ mm}$ $h = 35,0 \text{ mm}$

bei den Auswerfern mit den Anstellwinkeln:

$$\alpha = 30,0^{\circ}$$

$$\alpha = 37,5^\circ$$

$$\alpha = 45,0^\circ$$

Wie aus den Abbildungen 32-43 (Abstand $a = 4,8$ mm) hervorgeht, liegt die prozentuale Häufigkeit im Sollbereich niedriger als bei den entsprechenden Versuchen mit dem Abstand $a = 5,4$ mm (Abb.12-31). Die Streuung außerhalb des Sollbereiches ist auf Seite 52 wiedergegeben. Bemerkenswert ist wiederum die günstigere Ablage der pillierten Samen als die der kalibrierten.

Es besteht die Tatsache, daß bei der Fallhöhe von 35 mm wiederum keine so große Streuung von dem Sollbereich vorhanden ist wie bei der Fallhöhe von 58 mm.

Jedenfalls ist der Abstand zwischen Auswerfer und Abdeckung ein wichtiger Faktor und seine Größe soll immer berücksichtigt werden.

In der Praxis ist die Wahl des optimalen Abstandes und vor allem des Auswerfers für die kalibrierten und pillierten Samen von großer Bedeutung, denn der Abstand und Auswerfer sollten der Samengröße angepaßt sein, damit störungsfreies Säen garantiert ist. (Dieses Abstandsverhältnis soll bei der Herstellung der Zellenräder unbedingt berücksichtigt werden.)

4. Der Leimstreifen-Versuch

Ein weiteres Verfahren zur Bestimmung der Längsverteilung und Aufeinanderfolge der Knäuel nach der Anlieferung ist der LEIMSTREIFEN-VERSUCH. Die Durchführung der Untersuchung zur Prüfung von Drillmaschinen und Einzelkornsägeräten durch den Leimstreifenversuch ist seit vielen Jahren bekannt. Besondere Merkmale und Vorteile des Leimstreifen-Versuches liegen darin, daß mit einfachen Hilfsmitteln eine direkte Auswertung ermöglicht wird, indem die Körner nach dem Abwurf von der Zelle am Leim haften und ihre Verteilung also sichtbar ist (7).

Der Leimstreifen-Versuch kann sowohl mit stationären als auch fahrenden Einzelkornsägeräten durchgeführt werden, d.h. entweder wird der Leimstreifen oder das Gerät bewegt.

Zu dieser Untersuchung wurde ein stationäres Einzelkornsägerät bevorzugt.

4.1. Beschreibung der Versuchseinrichtung

Im Institut für Landtechnik in Gießen wurde anstelle eines Papierstreifens ein 41 m langer Flachriemen mit einer Breite von 12 cm verwendet.

Die Verwendung dieser Einrichtung geschah aus folgenden Gründen:

- a) Für einen stationären Leimstreifen-Versuchsstand mit Motorantrieb genügt ein schmaler Raum.
- b) Die Verwendung eines Flachriemens ist für die Dauer rentabler als die eines Papierstreifens, der nach jedem Versuch erneuert werden muß.
- c) Der Papierstreifen, der durch Leim befeuchtet wird, verliert seine Festigkeit bei höheren Bandgeschwindigkeiten und er kann zerreißen. Auf der Oberseite des Flachriemens wurde die gesamte Länge mit einem Tesa-Filmstreifen, der eine Breite von 100 mm hatte, beklebt. Durch die glatte Oberfläche des Riemens konnte sowohl die Auftragung des

Leimfilms als auch die Entfernung des Leimes nach Beendigung des Versuchs erleichtert werden.

Die Untersuchungen von BRINKMANN und EVERS, die sich intensiv mit den Problemen der Einzelkornablage beschäftigt haben, zeigten, daß das Leimstreifen-Verfahren für die geplanten Versuche sehr gut geeignet ist.

4.2. Durchführung der Leimstreifen-Versuche

Bei der Durchführung des Leimstreifen-Versuches wurden die Knäuelabstände auf dem Leimstreifen, ihre Aufeinanderfolge bis auf 1 mm genau mit einem Maßstab ausgemessen.

Das hierfür ausgewählte Saatgut war segmentiert-kalibriertes mit einem Durchmesser von 3,5 - 4,0 mm und pilliertes mit dem Durchmesser 3,5 - 3,9 mm. Den Knäuelabstand konnte man durch Wechseln der Kettenräder beliebig ändern. Zur Leimstreifenuntersuchung wurde ein Abstand von 4,2 cm gewählt. Die Geschwindigkeiten des Leimstreifens entsprachen einer Fahrgeschwindigkeit von 1 und 1,25 und 1,5 m/sec, was 3,6; 4,5; 5,4 km/h entspricht. Diese einzelnen Geschwindigkeiten ließen sich durch ein stufenloses Getriebe genau regulieren.

Um auch hierbei den Zusammenhang zwischen Knäuelverschiebung und Fallhöhe zu ermitteln, wurden zwei verschiedene Fallhöhen 3,5 cm und 5,8 cm bei jeder Geschwindigkeit untersucht. Diese Höhe wurde zwischen der Zellenradoberfläche und der Leimstreifenoberfläche gemessen.

4.3. Beschreibung des Versuchsstandes

Der Prüfstand besteht aus einem Rahmen aus Stahlprofil, in den zwei tragende Wellen parallel gelagert sind. Jede dieser Wellen trägt zwei Räder, deren Abstand auf die Spurweite des Einzelkornsägerates eingestellt werden kann. Die Räder sind mit einem dünnen Gummibelag versehen und dienen als Reibradantrieb. Auf diesen beiden Gummibelägen stehen die

beiden luftbereiften Einzelkornsägeraträder. Die Räder der einen Welle des Prüfstandes treiben die Einzelkornsämaschine an.

Die Antriebswelle des Prüfstandes wird über ein stufenlos regulierbares PIV-Getriebe (werner Reimers KG, Bad Homburg v.d.H.) von einem Elektromotor (AEG-Typ 4,40; 1435 U/min.; 5,5 PS) angetrieben.

Die Kraftübertragung erfolgte durch Keilriemen. Eine Abbremsung nach der Ausschaltung des Motors innerhalb kurzer Zeit geschah durch eine Vorrichtung, die man an der Kupplung zwischen Motor und Vorgelege angebracht hatte. Zur Bestimmung der Umfangsgeschwindigkeit des Antriebrades der Einzelkornsämaschine wurde sowohl an deren Nabe die Umdrehungszahl pro Minute gemessen als auch die Kettenradübersetzung benutzt. Es können je nach Bedarf Umfangsgeschwindigkeiten zwischen $0,55 \text{ m/sec} = 23,2 \text{ U/min}$ - $4,16 \text{ m/sec} = 175 \text{ U/min}$ gewählt werden. Ein zweiter Elektromotor (Loher EC 20-4 mit Vorgelege) treibt über ein weiteres stufenloses PIV-Getriebe den Flachriemen an.

Die Antriebsrolle des Flachriemens ist in einem Stahlrahmen gelagert, in dem eine fest mit dem Boden verschraubte Befestigungsschne parallel zum Einzelkornsägerätprüfstand seitlich verschoben werden kann. Durch diese seitlich verstellbare Verschiebung kann der Flachriemen beliebig unter einzelne Aggregate versetzt werden. Außerdem ist die Antriebswelle in der Höhe verstellbar und ermöglicht eine Regulierung der gewünschten Fallhöhe der Samen.

Die Kraftübertragung erfolgt vom PIV-Getriebe über ein dazwischengeschaltetes Vorgelege mittels Keilriemen. Die Umlenkung des Flachriemens geschieht durch eine in etwa 20 m Entfernung von der Antriebsrolle aufgestellte Umlenkrolle.

Durch ihr großes Trägheitsmoment wird eine gleichmäßige Riemengeschwindigkeit gewährleistet.

Auf dem Antriebsrollenrahmen ist die Leimauftragungsvorrichtung quer über der oberen Flachriemenoberfläche angebracht.

Die Vorrichtung besteht aus einer mit Leim gefüllten Kammer, auf die ein Einfalltrichter gesetzt ist. Die Austrittsöffnung der Vorrichtung hat einen rechteckigen Querschnitt von 70 x 35 mm, und die Kanten liegen dicht auf dem Riemen auf. Der Abstand zwischen der Kante, über der das Band herausläuft, und der Flachriemenoberfläche ist etwa 0,2 mm und hält den überflüssigen Leim zurück. Durch diese Vorrichtung gelingt es, einen gleichmäßig dicken Leimfilm von 70 mm Breite und beliebiger Länge auf den Riemen aufzutragen. Die hierfür verwendete Leimsorte (Sulfidablage, Marke Collex-Extrakt ca. 35 Bd.) erwies sich als besonders geeignet. (2)

Die kalibrierten Samen hafteten unmittelbar nach dem Abwurf aus der Zelle am Leim und eine Rollmöglichkeit war auch bei höheren Geschwindigkeiten ausgeschlossen; pillierte Samen aber zeigten eine Verschiebung bzw. ein Rollen nach dem Abwurf, und bei der Umlenkung des Flachriemens durch die Umlenkrolle lösten sich die pillierten Samen.

Durch die Kugelform der pillierten Samen, die glatte Oberfläche, das Verrollen, und vor allem durch die entstehende Staubschicht auf der Oberfläche wurde die Haftung und Befestigung der Knäuel auf der Leimoberfläche verhindert; deshalb wurde es für zweckmäßig gehalten, den Flachriemen nur bis zur Umlenkrolle zu benutzen, um diese Fehlerscheinung zu verhindern.

4.4. Gebräuchliche Methoden zur Auswertung der Leimstreifenversuche:

Für die Kennzeichnung einer Kornverteilung und Aufeinanderfolge der Knäuel und zur Messung ihrer Abstände ist ein Meßstab notwendig. Mit dessen Hilfe kann die Regelmäßigkeit und Längsverteilung der Knäuel auf dem Leim durch eine Wertzahl charakterisiert werden.

Als FISCHER 1905 die Leimstreifen-Versuchsmethode entwickelt hatte, wurde die Kornverteilung (durch Gesichtswahrnehmungen bestimmt und beurteilt) rein visuell beurteilt.

ZÖDLER gab an, wie die Art, eine Kornverteilung zahlenmäßig zu bewerten, ist. Ihm gelang es, das T-Verfahren zu entwickeln und so einen wissenschaftlichen Vergleich der verschiedenen Kornverteilungen zu ermöglichen. Das T-Verfahren wurde später von KÖNIG kritisiert, KÖNIG hat die Gleichmäßigkeit einer Kornfolge an der Größe der Fehlerfläche in einem Diagramm festgestellt.

Beim T-Verfahren von ZÖDLER wurden die Abstände der einzelnen Körner gemessen und die prozentuale Abweichung vom Sollabstand ermittelt. Die Zusammenfassung verschiedener Abstandsgrößen zu Abständen führt zu einer Kopf- und Stegifferordnung. Seitliche Abweichungen und Unterschiede wurden hierbei unberücksichtigt gelassen (23).

KÖNIG hat zur Auswertung 200 Körner bei jedem Versuch ausgewählt, aus denen er den mittleren Abstand errechnete. Für die durch diese Zahlentafel und dieses Diagramm gefundenen Werte wurde eine Gütezahl gefunden, die er als "Gütegrad" bezeichnete (18).

Das KÖNIG-Verfahren wurde wiederum durch HEGE kritisiert, und zwar in mathematischer Hinsicht. HEGE behauptete, daß bei der Bewertung von Drillmaschinen nicht nur die linearen Verschiebungen berücksichtigt werden müssen

Er war der Meinung, daß jeder Versuch, das Problem der Bewertung von Körnerreihen mit einem mechanischen Verfahren zu lösen, ohne das Wachstumsgesetz zu berücksichtigen, als ein Fehler betrachtet werden muß. Mit dem von ihm entwickelten Verfahren wurden auch pflanzenbauliche Anforderungen an die Kornreihe berücksichtigt.

Durch seine Sandkastenmethode kann man die Lage der Körner in der Saattrinne sowohl horizontal als auch vertikal zur Prüfung von Drillmaschinen benutzen. Das von HEGE entwickelte Verfahren zeigt den Einfluß der Ablageverteilung auf den Ertrag. Über die Sandkastenmethode wird später bei der Untersuchung der Knäuel in der Saattrinne ausführlich berichtet (14).

Die Frage der Ablageverteilung steht wegen der Vereinzelung im Vordergrund. Eine Erleichterung kann durch gleichmäßige Abstände nach der Anlieferung geschehen.

Eine Voraussetzung zur gleichmäßigen Ablage der Knäuel ist die Verringerung des Anteils der nicht im Sollabstand liegenden Körner. Es ist bei der Leimstreifenuntersuchung wichtig, wieviel Prozent der auf dem Leimstreifen befindlichen Knäuel im Sollabstand liegen.

Die Knäuelverteilung wurde nach folgenden Richtlinien beurteilt (in Anlehnung an EVERS):

- a) Die Variierung der Sollabstände
- b) Prozentuale Abweichung vom Sollabstand
- c) Die Höhe der Toleranz der Abweichung von den Sollabständen.

Diese Toleranz ist je abhängig vom Variationsmaß des Sollabstandes, d.h. da die Keimfähigkeit der Zuckerrübensamen um 60 - 70 % liegt, darf der Knäuelabstand vorläufig 4 - 5 cm nicht überschreiten (10).

Nach DENCKER: Solange je nach wegen vergleichsweise geringer Keimqualität des Zuckerrübensaatgutes ein Knäuelabstand von 3 - 4 cm bei der Aussaat eingehalten werden muß, darf die Toleranz nicht über ± 5 mm ausgedehnt werden. Wenn die Keimqualität durch Züchtung so weit verbessert ist, daß der Knäuelabstand auf 5 - 6 cm erweitert werden kann, dann wird auch diese Vergrößerung der Toleranz auf ± 10 mm tragbar sein (10).

Nach Peter-Nils EVERS: es darf doch nicht übersehen werden, daß im Vorgang der Zellenentleerung noch unerforschte Fehlerquellen stecken und daß die gewählte Toleranz am Sollabstand von ± 5 mm sehr eng ist (13).

Bei der Leimstreifenuntersuchung wurde der Sollabstand von 4,2 cm gewählt (durch Wechseln der Kettenräder konnte man beliebig verschiedene Abstände wählen). Zur Beurteilung der Regelmäßigkeit der Knäuelabstände sollte festgestellt werden, bei welchem Abstand eine Doppelstelle und bei welchem eine Fehlstelle vorhanden ist. Als Fehlstellen wurden die Abstände vom doppelten Sollabstand abzüglich 0,5 cm bezeichnet. Wenn der Sollabstand also 4,2 cm ist, wird das Doppelte, also 8,4 cm gerechnet, minus 0,5.

Als Doppelstellen galten Abstände von 1 cm und weniger.

Bei allen Leimstreifen-Versuchen wurde diese Definition der Doppel- und Fehlstellen beibehalten und die Regelmäßigkeit der Versuche untereinander verglichen!

4.5. Angewendete Meßmethoden und der Bewertungsmaßstab

Für die Auswertung der Knäuel auf dem Leimstreifen wurden jeweils 200 Knäuel genommen bei mehreren Versuchen, aus denen dann der Mittelwert berechnet wurde.

Die 200 angelieferten Knäuel wurden gleich 100 gesetzt und der Anteil, der bei entsprechenden Fahrgeschwindigkeiten, d.h. sowohl in 4,2 cm als auch bei einer Toleranz von ± 5 mm angelieferten Knäuel, wurde als relativer Anteil im Sollabstand liegender Knäuel bezeichnet. Aus der Differenz zwischen 100 und dieses relativen Anteils im Sollabstand liegender Knäuel ergab sich der relative Anteil der Knäuel, die nicht im Sollabstand angeliefert worden waren.

Für die Auswertung der Knäuel wurde ein Stahlbandmaß benutzt, das insgesamt eine Länge von 20 m und eine Toleranz von 1 mm hatte.

Dieses Bandmaß wurde seitlich neben den Leimstreifen gelegt. Mit einem Blechstück, das ohne Berührung über den Leimstreifen geführt war und eine nach unten abgebogene Kante als Zeiger hatte, ließ sich die Lage der Knäuel genau feststellen (Abb. 61).

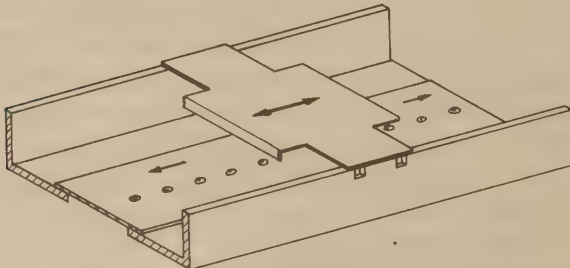


Abb. 61

4.6. Versuchsdurchführung und Ergebnisse

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde zunächst die Regelmäßigkeit der Knäuel nach der Ablieferung aus der Zelle und der absolute Anteil der Knäuel im Sollabstand mit verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten und Fallhöhen ermittelt, und zwar:

- a) Durch Handfüllung wurden die Zellen einzeln gefüllt, sowohl mit kalibriertem als auch pilliertem Saatgut. Durch die Handfüllung entfallen Doppelstellen und Fehlstellen, sowie die Verzögerungen in der Ablage, die bei zu großen Knäueln, die in die Zelle durch die Abkämmwalze gedrückt worden sind in Erscheinung treten konnten.
- b) Durch Normalfüllung, um festzustellen, wie groß bei den einzelnen Untersuchungen der Unterschied der Häufigkeit der im Sollabstand liegenden Knäuel ist.

Die Versuche wurden an einem Zellenrad mit 72 Bohrungen und einem Abstand von der Abwurfkante $a = 5,4 \text{ mm}$ durchgeführt.

Der Anstellwinkel des Auswerfers betrug $\alpha = 37,5^\circ$

Aus den Tabellen 7 und 8 und den Abb. 62 geht hervor, daß bei der Handfüllung der Zellen mit einer Fallhöhe von $5,8 \text{ cm}$ der Anteil der Knäuel im Sollabstand nach dem Ausgang aus der Zelle mit einer Fahrgeschwindigkeit von 1 m/sec $56,5 \%$ beträgt, d.h. $43,5 \%$ aller Knäuel treffen trotz regelmäßiger Größe des Zellendurchmessers und der Bohrungen und trotz Anpassung der Saatgutgröße an die Zelle nicht den Sollabstand. Durch die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit auf $1,25 \text{ m/sec}$ bzw. $1,50 \text{ m/sec}$ erhöht sich diese Verzögerung oder Verschiebung auf $45,9 \%$ bzw. $47,9 \%$ unter der Voraussetzung, daß die Toleranz zum Sollabstand auf $\pm 5 \text{ mm}$ berechnet wird.

Bei der Normalfüllung mit kalibriertem Saatgut, derselben Fallhöhe von $5,8 \text{ cm}$ und einer Fahrgeschwindigkeit von 1 m/sec liegen $51,3 \%$ im Sollabstand. Das bedeutet, $48,7 \%$ aller Knäuel zeigen eine Verschiebung, die über 5 mm beträgt. Wenn man diese Geschwindigkeit auf $1,25 \text{ m/sec}$ bzw. $1,5 \text{ m/sec}$ erhöht, dann hat man eine Verschiebung von $53,1$ bzw. $53,5 \%$.

Vergleicht man kalibriertes Saatgut mit pilliertem bei einer Fallhöhe von 5,8 cm und verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten, so zeigt sich sowohl bei Handfüllung als auch bei Normalfüllung ein höherer Prozentsatz an pilliertem Samen, die in den Sollabstand gefallen sind.

Tabelle 7

Anteil der Knäuelverschiebung: Kalbriertes Saatgut (Handfüllung)

Fallhöhe der Knäuel cm	Fahrgeschwin- digkeit in m/sec	Relativer Anteil im Sollabstand liegen- der Knäuel bei einer Toleranz von ± 5 mm %	Relativer Anteil der Knäuelver- schiebung %
5,8 cm	1,00	56,5	43,5
a=5,4 mm	1,25	54,1	45,9
	1,50	52,1	47,9
3,5 cm	1,00	62,5	37,5
a=5,4 mm	1,25	62,0	38,0
	1,50	53,5	46,5

Anteil der Knäuelverschiebung: Pilliertes Saatgut (Handfüllung)

Fallhöhe der Knäuel cm	Fahrgeschwin- digkeit in m/sec	Relativer Anteil im Sollabstand liegen- der Knäuel bei einer Toleranz von ± 5 mm %	Relativer Anteil der Knäuelver- schiebung %
5,8 cm	1,00	61,3	39,7
a=5,4 mm	1,25	59,7	40,3
	1,50	54,2	55,8
3,5 cm	1,00	65,1	34,9
a=5,4 mm	1,25	63,0	37,0
	1,50	58,4	41,6

Tabelle 8

Anteil der Knäuelverschiebung: Kalibriertes Saatgut
(Normale Füllung)

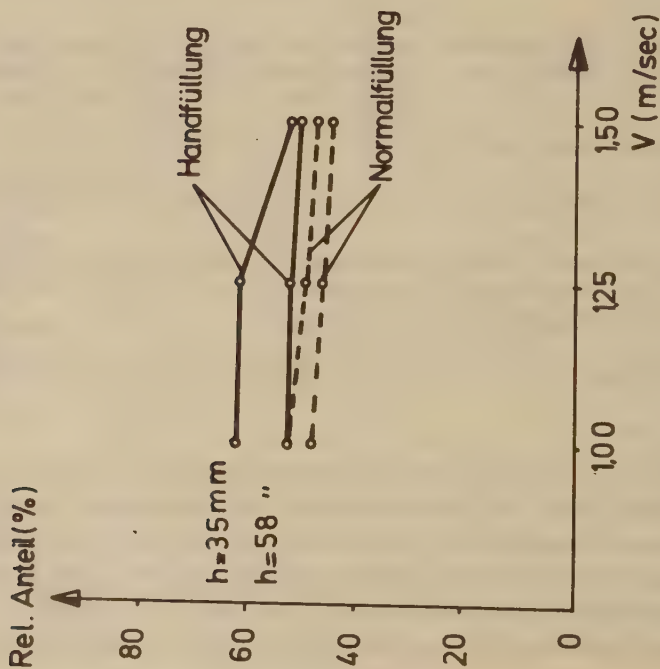
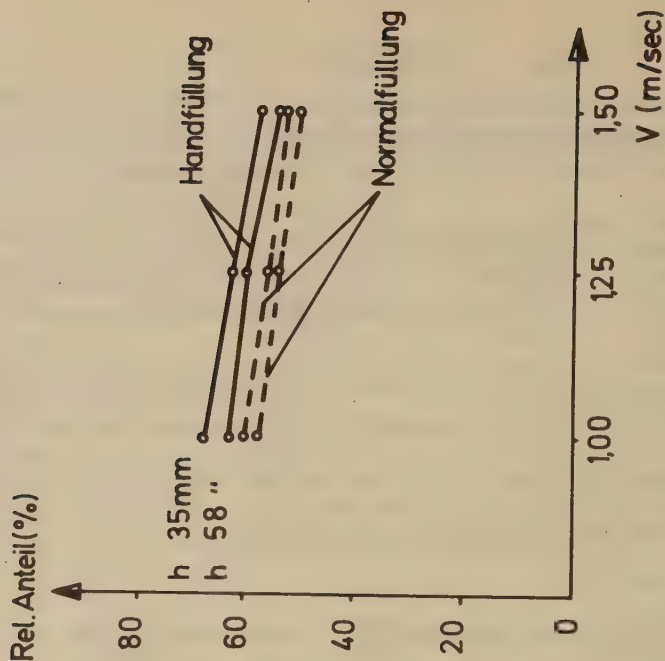
Fallhöhe der Knäuel cm	Fahrgeschwin- digkeit in m/sec	Relativer Anteil im Sollabstand liegen- der Knäuel bei einer Toleranz von + 5 mm	Relativer Anteil der Knäuelver- schiebung %
5,8 cm	1,00	51,3	48,7
a=5,4 mm	1,25	46,9	53,1
	1,50	46,5	53,5
3,5 cm	1,00	56,5	43,5
a=5,4 mm	1,25	52,7	47,3
	1,50	49,1	50,9

Anteil der Knäuelverschiebung: Pilliertes Saatgut
(Normale Füllung)

Fallhöhe der Knäuel cm	Fahrgeschwin- digkeit in m/sec	Relativer Anteil im Sollabstand liegen- der Knäuel bei einer Toleranz von + 5 mm	Relativer Anteil der Knäuelver- schiebung %
5,8 cm	1,00	58,5	41,5
a=5,4 mm	1,25	54,2	45,8
	1,50	51,05	48,95
3,5 cm	1,00	60,1	39,9
a=5,4 mm	1,25	56,4	43,6
	1,50	54,4	45,6

Der höhere Prozentsatz der pillierten Samen ist erklärlich wegen ihrer Form und Größe und Gewichtsgleichheit, die bei kalibrierten Samen nicht vorhanden ist, und vor allem scheidet hier das Problem der Doppelstellenbelegung aus. Bei einer Fallhöhe von 3,5 cm erhöhte sich die Zahl der Knäuelanteile, die in den Sollabstand fielen, und zwar bei allen Fahrgeschwindig-

Abb. 62

KalibriertPilliert

Relativer Anteil der im Sollabstand liegenden Knäuel bei einer Toleranz von ± 5 mm

keiten, sowohl bei Handfüllung der Zellen mit kalibriertem und pilliertem Saatgut als auch bei Normalfüllung.

Es ist somit festzustellen:

1. Etwa 30 - 50 % der Knäuel treffen trotz regelmäßiger Zellenfolge bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten und Fallhöhen nicht innerhalb des Sollbereiches mit einer Toleranz von ± 5 mm auf. Eine Verschiebung ist bei kalibriertem Samen mehr spürbar als bei pilliertem. Der Unterschied zwischen kalibriertem und pilliertem Saatgut ist auf die Formlösigkeit und die Unregelmäßigkeit der Körner in Form, Größe und Gewicht zurückzuführen.
2. Das Ergebnis zeigt, daß der Fallvorgang und die Fallhöhe einen erheblichen Einfluß auf die Ablagegenauigkeit und Aufeinanderfolge der Knäuel haben. Durch die Zunahme der Fallhöhe also tritt die negative Auswirkung der Knäuelverschiebung auf.
3. Mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit nimmt die Anzahl der Knäuelverschiebung bei einer Toleranz von ± 5 mm ständig zu, ebenso bei größeren Fallhöhen.
4. Ein Vergleich zwischen Hand- und Normalfüllung zeigt, daß die Abkämmwalze eine Verzögerung hervorrufen kann.
5. Untersuchungen des Einflusses bei verschiedenen Keilscharwinkeln auf die Bewegung und Rollmöglichkeiten der pillierten Samen

5.1. Meßverfahren in der Saattrinne

Es ist allgemein bekannt, daß ein Teil der Knäuel - besonders pillierte Samen - nach dem Abwurf in der Saatsfurche nicht still liegen bleiben, sondern vom Sollbereich abweichen, weil sie springen oder rollen.

Die Intensität solcher Roll- und Prallbewegungen liegt außerdem an Bodenbearbeitungsmaßnahmen (Vorbereitung des Ackers, Feuchtigkeitsgrad, Temperatur usw.), vor allem an der Form der keilförmigen Rille im Boden.

Zur Erfassung der Roll- und Prallbewegungen bestehen verschiedene Möglichkeiten:

- a) Bestimmung der Lage der Knäuel nach dem Aufgang. Wenn die Knäuel in der Saattrinne mit Erde bedeckt sind, kann man die Knäuelabstände nicht wie auf dem Leimstreifen direkt messen.
- a₁) Man mußte bis zum Auflaufen warten, aber durch die Keimeigenschaft und durch die physikalische Beschaffenheit des Bodens konnten unkontrollierbare Verschiebungen eintreten. Es kann also nicht entschieden werden, ob Unterschiede in der Längsverteilung durch Versagen der Keimfähigkeit oder durch starke Knäuelverschiebung während des Auswurfs entstanden sind (15). Außerdem durchbrechen die Keime den Boden oft nicht senkrecht über dem Knäuel, da harte Bodenteile und Steine im Boden eine Aufwuchssperrung verursachen. Nach Angabe von CZECHANOWSKI durchstoßen etwa 60 % der Pflänzchen den Boden 1-2 cm vom Knäuel entfernt (8).
- a₂) Eine andere Möglichkeit zur Bestimmung der Knäuelverteilung bei geschlossener Saattrinne wäre, die Knäuel vor der Aussaat durch die Behandlung mit Isotopen radioaktiv zu machen. Mit Hilfe eines Meßgerätes könnte dann nach der Aussaat die Knäuelablage lokalisiert werden und einer Abstandsmessung zugänglich gemacht werden. Für solche Meßeinrichtung muß mit einem hohen technischen Aufwand gerechnet werden.
- a₃) Eine andere Methode wurde durch HEGE entwickelt, mit deren Hilfe die Lage der Körner in der Saattrinne sowohl in senkrechter als auch in Waagerechter Projektion zur Prüfung von Drillmaschinen und deren Scharkörper im Labor ermittelt werden kann (14). Die Saattrinne ist jedoch aus versuchstechnischen Gründen mit Sand gefüllt. Nach NILS-EVERS kann die Roll- und Prallbewegung nach der Anlieferung in der Saattrinne und die tatsächliche Endverteilung der Rübenknäuel, wie sie auf dem Feld entsteht, im Sandkasten nicht ermittelt werden (13).

5.2. Durchführung der Untersuchung

Das Ausmessen der Knäuelabstände in einer durch Keilschar gezogenen Saattrinne wurde auf einer gedeckten Saattrinne durchgeführt. Die Abmessung der Abstände wurde mit Hilfe eines Zentimetermaßes wie bei dem Leimstreifenversuch bis auf Millimeter genau vorgenommen. Die Erde in der Saattrinne wurde so vorbereitet, daß sie einen entsprechenden Feuchtigkeitsgrad und eine entsprechende Krümelung besaß wie der Ackerboden. Da die Längsverteilung der Knäuel nach dem Abwurf (bei geschlossener Saattrinne) in einer offen gehaltenen Saattrinne nicht der Längsverteilung bei geschlossener Saattrinne entspricht, und bei einer offenen Saattrinne die Gefahr der Prallbewegung und des Rollens eher möglich sein kann, wurde eine geschlossene Saattrinne vorgezogen.

Die Durchführung solcher Untersuchungen benötigte viel Geduld und war überaus zeitraubend, denn die Knäuel lagen 2 cm tief und es mußte die Erde so beiseite geschoben werden, daß die Knäuel unberührt liegen blieben und keine Verschiebung und kein Rollen verursacht wurde. Da der Sollabstand der Knäuel durch das Einzelkornsäugerät gegeben ist, kann man die etwaige Lage der Knäuel nach dem Abwurf feststellen und die Knäuel vorsichtig mit einer Lanzette aufdecken (Abb. 63)



Abb. 63

Nachdem die Lage der Knäuel festgestellt war, wurde sowohl ein Zentimetermaß als auch ein Papierstreifen (Rollpapier) neben die Saattrinne gelegt. Auf dem Papierstreifen wurden mit einer schwarzen Zeichenfeder die Knäuelabstände markiert. Nach der Markierung wurde das Papier aufgewickelt und später in dem Labor nach der gleichen Methode wie beim Leimstreifenversuch gemessen und ausgewertet.

a) Beschreibung der Versuchsanlage

Die Bodenrinnenversuche wurden in der Versuchswerkstatt der Firma "Tröster" in Butzbach durchgeführt. Um ein genaues Bild von dem Ausmaß der Roll- und Prallbewegungen zu bekommen, wurde der Sollabstand von 5,8 cm gewählt und ein einkränziges anstelle eines zweikränzigen Zellenrades benutzt.

Das Einzelsägerät wurde durch eine stationäre Seiltrommel, die unter einem Elektromotor angetrieben wurde, wie die Abb. 64 zeigt, durch die Bodenrinne gezogen.

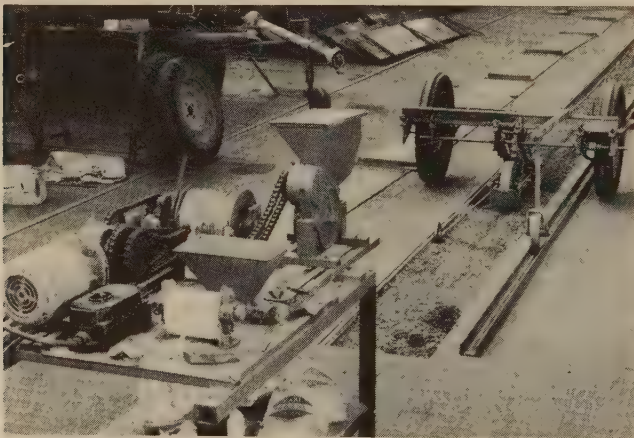


Abb. 64

Die Fahrgeschwindigkeiten konnten durch ein Kettenradvorgelege gewählt werden. (Die Anlage war auch für Leimstreifenversuche mit stationärem Sägerät geeignet.)

5.3. Auswertung und Ergebnisse

Nach der Ausmessung der Knäuelabstände auf dem Papierstreifen wurde zur Feststellung der Roll- und Prallbewegung der Knäuel die gleiche Methode wie bei dem Leimstreifenversuch vorgezogen. Hierbei aber wurde bei der Auswertung eine Toleranz von ± 10 mm der im Sollabstand liegenden Knäuel zugelassen, da bei Rinnenversuchen mit einem Schlupf der Einzelkornsäugeräträder zu rechnen ist und außerdem durch die Vibration im Aggregat und den Widerstand der verschiedenen Bodenschichten eine unregelmäßige Fahrgeschwindigkeit der Maschine nicht zu vermeiden ist, was bei dem Leimstreifenversuch nicht der Fall ist. Die Beurteilung der Doppel- und Fehlbelegung der Zellen blieb unverändert, d.h. die Knäuelabstände von 1,5 - 1,0 cm wurden als Doppelstellen und die Abstände von $5,8 \times 2 = 11,6$ cm - 10 mm = 10,6 cm wurden als Fehlstellen betrachtet.

Für diese Untersuchung wurde das amerikanische weiß-pillierte Saatgut vorgezogen, weil es durch die weiße Farbe nach der Ablage im Boden und nach der Öffnung der Rinne schnell sichtbar wurde. Es besaß eine Kalibrierung von 4,2 - 5,2 mm und ein T.G.K. von 97,5 gr.

a) Einfluß der Keilscharwinkel

Für eine genaue Knäuelverteilung ist der Scharkörper und vor allem sein Keilwinkel von großer Bedeutung. Eine bestimmte Größe bedingt eine Abbremsung der Knäuel nach der Anlieferung, so daß die Knäuel entweder an ihrer Aufprallstelle festliegen oder nur eine Minimalverschiebung eintritt. Diese Bremswirkung ist abhängig vom Scharkörper und seinem Keilwinkel, denn mit der Spitze des Winkels ist die Lage der Knäuel im Boden festgelegt und die Möglichkeit der weiteren Bewegung ausgeschlossen.

Aus diesen Gründen wurden Keilscharvariationen in einem größeren Bereich ausgewählt, um den Einfluß des Winkels auf die Roll- und Prallbewegung der Knäuel besser beobachten zu können. Die Schare haben folgende Keilwinkel:

$$\gamma = 45^{\circ}$$

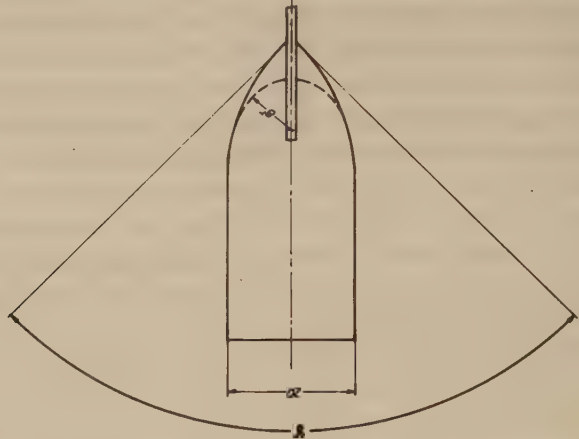
$$\gamma = 65^{\circ}$$

$$\gamma = 55^{\circ}$$

$$\gamma = 75^{\circ}$$

$$r = 8 \text{ mm}$$

Im Zustand der Abnutzung ist kein Winkel mehr vorhanden, sondern es wird eine Rundung mit dem Radius = 8 mm gebildet. (Abb.65)



Die Keilschare sind in ihrer äußeren Form so gestaltet, daß sie mit ihren Keilscharschneiden oder Sechen sowohl die Kluten zerschneiden als auch eine etwa 3-4 cm tiefe Rinne in den Boden ziehen. Zwei Leitbleche führen die Knäuel nach der Anlieferung in den Boden. Sie sind an der Unterseite des Zellenrades zwischen den nach hinten verlängerten Scharkörpern befestigt. (siehe Seite 12)

Die starre Verbindung zwischen Scharkörper und Aggregat, der kurze Abstand von der Scharsohle zur Überfallkante, die Anwendung des Zellenrades und die winkelförmige Saatzfurche bedingen eine genaue Ablage der Knäuel in der Saattrinne.

Wie Tabelle 9 und die Abb. 66 zeigen, sind die prozentualen Anteile der in der Saattrinne verrollten Knäuel untereinander verschieden; das Keilschar mit dem Keilwinkel 45° bringt den geringsten Anteil an verrollten Knäueln (36 - 40 %).

Bei einem abgenutzten Schar (Rundung mit $r = 8$ mm) ist die Anzahl der verrollten Knäuel in etwa 41 bis 46 %. Die Ursache hierfür ist auf eine stumpfwinklige oder flächige bzw. abgeschliffene "Scharspitze" oder "Schneide" (Sech) zurückzuführen.

Deshalb ist die Furchensohle nicht mehr winklig, sondern flach und die Knäuel haben die Möglichkeit, nach dem Abwurf in die Furche zu rollen oder zu springen; und die Knäuelbewegungen

Tabelle 9

Anteil der im Sollabstand liegenden Knäuel in % bei einer Toleranz von ± 10 mm und normalem Leitblech

Fahrge- schwindig- keit m/sec	Prozentualer Anteil im Sollab- stand liegender Knäuel in Saattrinne				abgenutztes Schar, Rundung r = 8
	$\gamma = 45^\circ$	$\gamma = 55^\circ$	$\gamma = 65^\circ$	$\gamma = 75^\circ$	
1,00	63,7	61,3	59,4	55,3	48,9
1,25	61,9	60,0	56,4	54,4	45,3
1,50	60,2	59,6	54,7	52,0	43,6

Fahrge- schwindig- keit m/sec	Prozentualer Anteil der ver- rollten Knäuel in der Saattrinne				abgenutztes Schar, Rundung r = 8
	$\gamma = 45^\circ$	$\gamma = 55^\circ$	$\gamma = 65^\circ$	$\gamma = 75^\circ$	
1,00	36,3	38,7	40,6	44,7	41,1
1,25	38,1	40,0	43,6	45,6	44,7
1,50	39,8	40,4	45,3	48,0	46,4

Tabelle 10

Anteil im Sollabstand liegender Knäuel in % bei einer Toleranz von ± 10 mm und einem verlängerten Leitblech um 20 mm

Fahrge- schwindig- keit m/sec	Prozentualer Anteil im Sollabstand abgenutzter liegender Knäuel in der Saattrinne				Schar, Rundung r = 8
	$\gamma = 45^\circ$	$\gamma = 55^\circ$	$\gamma = 65^\circ$	$\gamma = 75^\circ$	
1,00	62,5	61,8	59,2	55,3	47,9
1,25	61,3	60,8	56,7	54,3	46,3
1,50	57,1	59,7	55,2	54,1	44,9

Fahrge- schwindig- keit m/sec	Prozentualer Anteil der verrollten Knäuel in der Saattrinne				abgenutzter Schar, Rundung r = 8
	$\gamma = 45^\circ$	$\gamma = 55^\circ$	$\gamma = 65^\circ$	$\gamma = 75^\circ$	
1,00	37,5	38,2	40,8	44,7	52,1
1,25	38,7	39,2	43,3	45,9	53,7
1,50	42,9	40,3	54,8	45,9	55,1

sind hierbei nicht genug eingeschränkt. Wenn die Knäuel an zwei oder mehreren Stellen mit der Furchenflanke in Berührung kommen, sind die Knäuelbewegungen wesentlich wirksamer unterbunden.

Die Bodenberührung an zwei oder mehreren Flächen ist dann zu erreichen, wenn die Knäuel in einen schmalen keilförmigen Bodenschlitz fallen, in dem sie statt auf der Furchensohle nunmehr beiderseitig auf den Flanken aufliegen. Bei solcher Saattrinne ist der Bremseffekt der Knäuel größer, aber die Voraussetzung dafür ist, daß die Knäuel genau in die Mitte der Furche antreffen.

Zur Kontrolle der Bedeutung des Leitblechs für die Führung der Knäuel in die Saattrinne, wurde das Leitblech um eine Länge von 20 mm verlängert, da es außer der erwähnten Aufgabe zusätzlich seitlichen Druck des Bodens nach dem Furchen verhindert und einen überflüssigen Erdzufluß in die Saattrinne nicht zuläßt.

Wie die Tabelle 10 und die Abb. 67 zeigen, besteht kein großer Unterschied zwischen normalem Leitblech und dem verlängerten. Tabelle 9 und Abb. 66 zeigen den Anteil der im Sollabstand liegenden Knäuel in Prozent.

b) Der Einfluß der verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten auf die Ablage der Knäuel in der Saattrinne

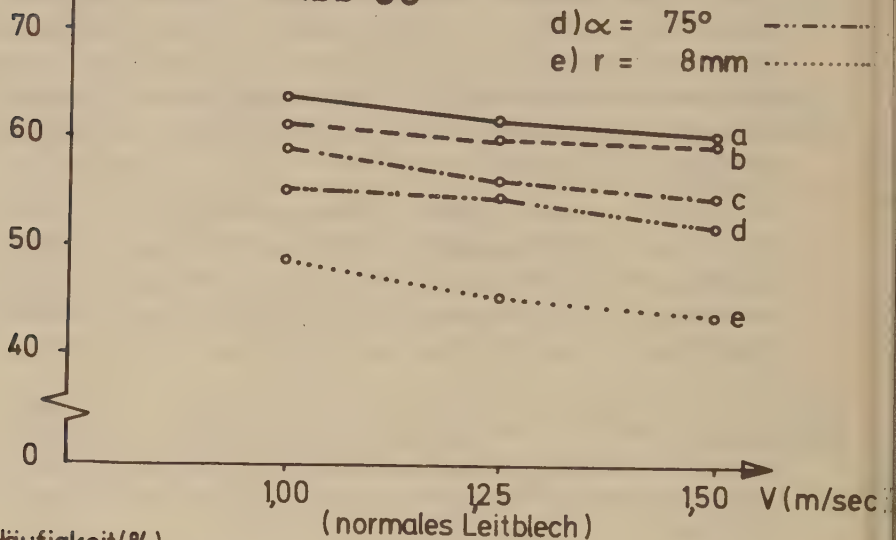
Die Ergebnisse der Keilscharvariationen und der verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten 1 - 1,25 - 1,5 m/sec in Tabelle 9 und 10 zeigen keinen großen Unterschied im prozentualen Anteil der verrollten Knäuel in der Saattrinne; z.B. bei $v = 1$ m/sec zeigt der Keilscharwinkelgrad $\gamma = 45^\circ$ etwa 36,8 % an verrollten Knäueln und bei $v = 1,25$ m/sec sind es 38,1 % und bei $v = 1,5$ m/sec ist dieser Prozentanteil 39,8 %. Durch die Erhöhung der Geschwindigkeit also von 1 auf 1,5 m/sec steigt der Anteil an verrollten Knäueln von 36,3 auf 39,8 %.

Dieses Verhältnis blieb bei allen Variationen sowohl beim normalen Leitblech als auch bei dem verlängerten ungefähr gleich.

Häufigkeit(%)

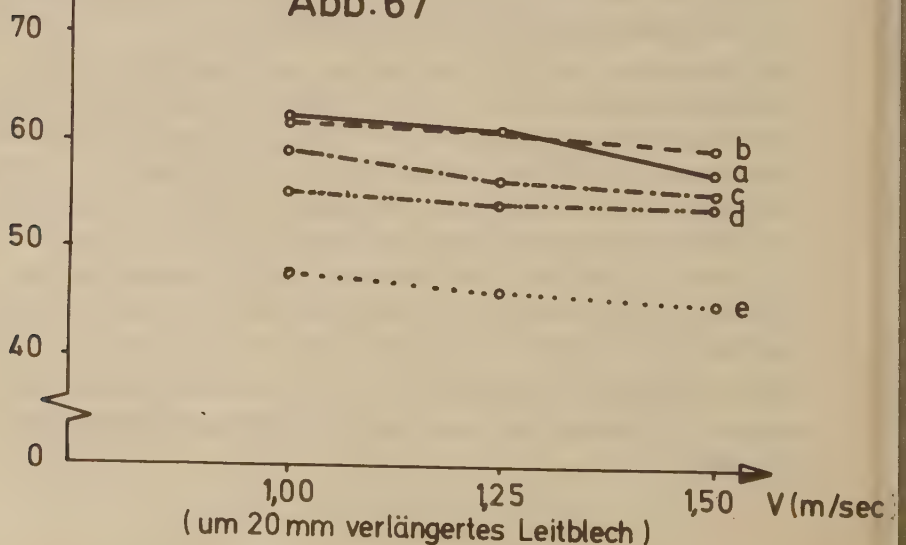
Abb. 66

- a) $\alpha = 45^\circ$ ———
- b) $\alpha = 55^\circ$ - - - - -
- c) $\alpha = 65^\circ$ - · - · -
- d) $\alpha = 75^\circ$ - · - · -
- e) $r = 8\text{mm}$ ·····



Häufigkeit(%)

Abb. 67



Zusammenfassung:

Die vorliegende Arbeit hatte zur Aufgabe, die Vorgänge innerhalb eines Einzelkornsägerätes und die Übergabe der Knäuel an den Boden zu untersuchen, um Ansatzpunkte zu technischen Verbesserungen zu finden.

In Vorversuchen wurden zunächst die Fehlerquellen im Zellenrad ausfindig gemacht, die eine Unregelmäßigkeit des Knäuelabwurfs zur Folge haben könnten.

Mit einer besonderen Meßeinrichtung wurde vorwiegend die Tiefe der Bohrungen nachkontrolliert und die gemessenen Abweichungen vom Sollmaß beseitigt, weil sie in der einen oder anderen Richtung Fehlstellen bzw. Doppelstellen verursachten.

Weiterhin wurde zur Untersuchung der regelmäßigen Körnerfolge ein stationäres Einzelsägerät gebaut und die Sävorgänge Kinematographisch mit einer 16 mm "Bolex" Filmkamera festgehalten. Dabei ließ sich feststellen, daß die Wurfweite der einzelnen Knäuel bei verschiedenen Anstellwinkeln des Auswerfers unterschiedlich ist. Aber mit der Bildfrequenz von 64 Bildern/sec konnten die genauen Ursachen für den unregelmäßigen Knäuelabwurf nicht ermittelt werden.

In den Hauptversuchen wurde zunächst der Einfluß der Abkämmwalze auf die kalibrierten und pillierten Samen festgestellt. Daraus ließ sich folgern:

- a) Die rotierende Abkämmwalze übt einen Stoß auf die Umhüllung der pillierten Knäuel aus. Dadurch wurde ein Riß in der Pille verursacht, der den Aufgang beschleunigte.
- b) Im Endeffekt ist jedoch der Unterschied zwischen durch die Abkämmwalze gelaufenen und nicht durchgelaufenen Knäueln sehr gering.
- c) Der Endeffekt ist bei pillierten und kalibrierten Knäueln praktisch der gleiche.

Um den Abwurfvorgang deutlich zu machen, wurden mit Hilfe einer Zeitlupenkamera ("Fastox") mit hoher Bildfrequenz (1000 Bildern/sec) die aufeinander folgenden Knäuel unmittel-

bar nach dem Ablösen aus der Zelle beobachtet, um die Ursachen einer unregelmäßigen Anlieferungsverteilung und Knäuelverschiebung zu ermitteln. Es wurde festgestellt, daß

1. ein großer Teil der Knäuel ohne Berührung mit dem Auswerfer aus den Zellen heraus fiel;
2. die Knäueln trotz regelmäßiger Zellenfolge verschiedene Abwurfbahnen zeigten;
3. das Knäuel mit Zunahme der Fallhöhe sowohl seine Bahn als auch seine Richtung änderte;
4. der prozentuale Anteil der Knäuel, die im Sollbereich auftrafen, bei pillierten Samen in jedem Fall größer war als bei kalibrierten;
5. jedenfalls der Abstand zwischen Auswerfer und Abwurfkante ein wichtiger Faktor ist und seine Größe immer berücksichtigt werden sollte.
6. sich aus dem Vergleich aller Fallbahnen der Schluß ziehen ließ, daß der Anstellwinkel des Auswerfers mit $\gamma = 37,5^\circ$ und der Abstand der Abwurfkante von der Auswerferkante $a = 5,4$ mm die günstigsten Bedingungen sind.

Weiterhin wurde durch Leimstreifenversuche der Einfluß der Fahrgeschwindigkeit auf die Genauigkeit der Ablage der Knäuel untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß sich durch Steigerung der Fahrgeschwindigkeit und Erhöhung der Fallhöhe bei Normal- und Handfüllung die Knäuelverschiebung verstärkt. Ferner ergab sich, daß der Einfluß der Größe des Scharwinkels von großer Bedeutung ist.

Die Untersuchungen zeigten, daß schmalere Keilwinkel die Knäuelbewegung im Boden einschränken.

Außerdem ist zu bemerken, daß mit der Zeit der Scharwinkel durch Verschleiß sich rundet, was die Bewegung der Knäuel in der Furche erleichtert.

Diese Erscheinung senkte den Anteil der im Sollabstand liegenden Knäuel sehr schnell. So fielen z.B. bei einem Keilwinkel $\gamma = 45^\circ$ 63,7 % aller Knäuel in den Sollbereich, aber bei abgenutztem Schar (Rundung) von 8 mm sind es nur 48,9 %.

Man kann sagen, daß bei morphologisch gleichmäßigem Saatgut eine gute Genauigkeit der Knäuelablage zu erzielen ist, allerdings unter der Voraussetzung, daß das Sägerät auch eine präzise Ausführung hat. Zur Erzielung größter Genauigkeit des Abstandes in der Drillfurche muß also sowohl von züchterischer Seite als auch vom Hersteller des Sägerätes noch einiges getan werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- 1) ALBUS, Kurt: Die Entwicklung der Motorischen Einrichtungen zum Säen und Hacken von Getreide und Rüben sowie Kartoffelkultur
Diss. Hohenheim 1953
- 2) AMIRI, D.: Untersuchungen über den Einfluß höherer Drillgeschwindigkeiten und Hangneigung auf die Güte der Aussaat bei einer Zentrifugal-Drillmaschine
Diss. Gießen 1966
- 3) BARMINGTON, R.D.: The Relationship of seed and cellsize to planterperformance
The American Society of Sugarbeet-Technology 1948 S. 240-250
- 4) BARMINGTON, R.D.: Precession planting equipment
Agr-Engeneering 1947 S. 49
- 5) BRENNER, W.: Beiträge zur Kenntnis des Sortierungsvorganges bei der Sichtung von Saatgetreide durch Windströme
Schriften des "RKTL" Heft 2, Berlin 1928
- 6) BRINKMANN, W.: Kalibrierung von Monogerm Saatgut
Bonn 1959 L.T.F. S. 76-79
- 7) BRINKMANN, W.: Einzelkornablage von aufbereitetem Rübensaatgut
L.T.F. Heft 5, 1956 S. 125
- 8) CZECHANOWSKI, G.: Aussicht für eine weitere Erleichterung der Rübenpflege
"Zucker" 1953 S. 237

- 9) DENCKER, C.H.: Handbuch der Landtechnik
Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
1961
- 10) DENCKER, C.H.: Möglichkeiten und Ziele einer
Mechanisierung des Rübenbaues
Bonn "Zucker" 1952 S. 335
- 11) DENCKER, Brinkmann u.
Heller: Saatgut und Saatstärke im Zucker-
rübenbau
L.T.F. 1959 S. 1-8
- 12) EISBEIN, C.I.: (Drillkultur) Die Drillkultur
Ihre Vorzüge, Ihre Rentabilität und
Ihre Volkswirtschaftliche Bedeutung
Leipzig, E.H. Mayer 1863
- 13) EVERS, P.-N.: Untersuchung zur Längsverteilung von
Rübensamen in der Saattrinne bei der
Einzelkornsaat.
L.T.F. Heft 6, 1962 S. 175 und
Diss. Bonn 1962 S. 7
- 14) HEGE, R.: Die Säararbeit von Drillmaschinen
Deutscher Zentralverlag: Berlin 1949
- 15) HÖVEL, F.: Untersuchung über den Einfluß des
Pflanzenabstandes auf die Höhe des
Handarbeitsaufwandes beim Vereinzeln
von Zuckerrüben
Diss. Hohenheim 1955
- 16) IIRB, Nr.3, 1966: Journal of The International Institut
for Sugarbeet Research
- 17) JENISCH, K.H.: Bauweisen und Einsatz der Drill-
maschinen
VEB Verlag Technik, Berlin 1959 S.19

- 18) KÖNIG, A.: Verfahren zur Beurteilung der Gleichmässigkeit einer geradlinigen Punktreihe und seiner Anwendung bei Drillmaschinenprüfungen
Diss. München 1933
- 19) LORENZ, F.: Beiträge zur Messung der Körnerfolge von Einzelkornsägeräten
L.T.F. Heft 6 1959
- 20) RÜHLMANN, M.: Allgemeine Maschinenlehre
Verlag Schwetschke, Braunschweig 1868
- 21) SCHUPP, A.A.: An Electric Device for Recording Distribution of Seed from Planters
in: Proc. Am. Soc. Sug. Beet Techn. 19
S. 448
- 22) YAHIA, M.E.M.: Untersuchung über den Einfluß höherer Drillgeschwindigkeit auf die Güte der Aussaat.
Diss. Göttingen 1960 S. 9-27
- 23) ZÖDLER, H.: Der Gütemaßstab für eine Folge ausgesäter Körner
"TidL" Heft 12, 1930 S. 321

Lebenslauf

1.4.1937 Geboren als Sohn des Kaufmanns Ali Schammai und seiner Ehefrau Alie Schammai geb. Nasifi in Schahreza / IRAN

1945 - 1951 Volksschule Kian in Schahreza / IRAN

1951 - 1954 Oberrealschule Nezam-Wafa in Schahreza / IRAN

1954 - 1957 Oberrealschule Sepehr in Schahreza /IRAN

1957 Schulabschluß mit dem naturwissenschaftlichen Abitur

1959 - 1960 Landwirtschaftliches Praktikum in Ascheberg bei Plön

WS 1960/61 Student der Landwirtschaft an der Universität Kiel

SS 1961 -
WS 1964 Studium an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Justus Liebig-Universität Gießen bis zur Ablegung des Examens als Diplomlandwirt

1964 - 1968 Doktorand am Institut für Landmaschinen der Justus Liebig-Universität Gießen

1.1.1968
und noch Wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Landmaschinen der Justus Liebig-Universität Gießen

FOTO-DRUCK LENZ : 63 Gießen · Riegelpfad 32/Ecke Ludwigstraße · Telefon 0641-77449